Résumé :

Cette recherche porte sur l'étude de l'impact de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, sur le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques.

L'étude a adopté la méthodologie de recherche semi-expérimentale en deux groupes d'un échantillon de 93 apprenants. Pour le premier groupe, on a opté pour la démarche inductiviste (démarche classique), tandis que pour le second groupe, on a utilisé une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème. L'étude a évalué les apprenants, de l'échantillon, par un test écrit une semaine après la fin du traitement expérimental. Les données des deux groupes : témoin et expérimental, issues de cette étude, sont analysées en utilisant les statistiques descriptives, le test-t de Student et le test U de Mann-Whitney.

Les résultats de l'analyse statistique inférentielle ont montré que l'enseignement fondé sur une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, a un effet positif, par rapport à l'enseignement classique, sur le rendement scolaire des apprenants.

L'étude a recommandé d'éviter, lorsqu'il s'agit de changer les conceptions initiales des apprenants, l'utilisation de la démarche inductiviste dans l'enseignement des sciences au secondaire qualifiant, et la remplacer par une démarche didactique hypothético-déductive qui fait face à une situation-problème, en raison de ses avantages dans la construction des apprentissages des apprenants.

Mots-clés : Démarche didactique hypothético-déductive, démarche d'investigation (Inquiry-based learning), situations-problèmes, démarche inductiviste, conceptions erronées (misconceptions), rendement scolaire, tronc commun technologique, Sciences Physiques.

El Mehdi EL HAMDOUCHI

Impact de l' utilisation d' une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème sur le rendement scolaire : Cas du tronc commun technologique en Sciences Physiques

Faculté des Sciences de Kénitra

Master Spécialisé : Métiers d'enseignement et de la formation en Physique Chimie

MEMOIRE

Présenté

Par

El Mehdi EL HAMDOUCHI

Sous le thème

Impact de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème sur le rendement scolaire

Cas du tronc commun technologique en Sciences Physiques

Soutenu le 21/10/2022 devant le Jury composé des :

El Mahjoub CHAKIR	*Faculté des Sciences - Kénitra*	Président
Abdesselam BLIYA	*Faculté des Sciences - Kénitra*	Examinateur
Abdessamad DIDI	*Centre National de l'Energie, des Sciences et des Techniques Nucléaires*	Examinateur
Mohammed ABID	*Centre Régional des métiers de l'Éducation et de la Formation, Rabat-Salé - Kénitra*	Encadrant

Master spécialisé : Métiers d'enseignement et de la formation en Physique Chimie

Année Universitaire 2021/2022

Master Spécialisé : Métiers d'enseignement et de la formation en Physique Chimie

MEMOIRE

Présenté

Par

El Mehdi EL HAMDOUCHI

Sous le thème

Impact de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème sur le rendement scolaire

Cas du tronc commun technologique en Sciences Physiques

REMERCIEMENTS

Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide dans l'élaboration de cette mémoire.

Je tiens à remercier en premier lieu mon encadrant, Monsieur Mohammed ABID, Professeur au département des sciences physiques au Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation de la région Rabat-Salé-Kénitra, de m'avoir guidé au long de la durée de travail et de me donner les remarques et les critiques qui m'ont beaucoup aidé d'avoir réussir ce travail.

Je remercie également Monsieur El Mahjoub CHAKIR, Monsieur Abdesselam BLIYA et Monsieur Abdessamad DIDI d'avoir accepté d'évaluer mon travail au sein du jury de soutenance.

Finalement, j'aimerais remercier les apprenants des classes TCT-2, TCT-3 et TCT-5 au lycée qualifiant technique Al Farabi de salé (Année scolaire 2021-2022), pour leur participation aux étapes de l'expérimentation (le pré-test, les séquences d'enseignent-apprentissage, le post-test), sans leur collaboration précieuse, la réalisation de ce travail n'aurait pas été possible.

RÉSUMÉ

Cette recherche porte sur l'étude de l'impact de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, sur le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques.

L'étude a adopté la méthodologie de recherche semi-expérimentale en deux groupes d'un échantillon de 93 apprenants. Pour le premier groupe, on a opté pour la démarche inductiviste (démarche classique), tandis que pour le second groupe, on a utilisé une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème. L'étude a évalué les apprenants, de l'échantillon, par un test écrit une semaine après la fin du traitement expérimental. Les données des deux groupes : témoin et expérimental, issues de cette étude, sont analysées en utilisant les statistiques descriptives, le test-t de Student et le test U de Mann-Whitney.

Les résultats de l'analyse statistique inférentielle ont montré que l'enseignement fondé sur une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, a un effet positif, par rapport à l'enseignement classique, sur le rendement scolaire des apprenants.

L'étude a recommandé d'éviter, lorsqu'il s'agit de changer les conceptions initiales des apprenants, l'utilisation de la démarche inductiviste dans l'enseignement des sciences au secondaire qualifiant, et la remplacer par une démarche didactique hypothético-déductive qui fait face à une situation-problème, en raison de ses avantages dans la construction des apprentissages des apprenants.

Mots-clés : Démarche didactique hypothético-déductive, démarche d'investigation (Inquiry-based learning), situations-problèmes, démarche inductiviste, conceptions erronées (misconceptions), rendement scolaire, tronc commun technologique, Sciences Physiques.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS i

RÉSUMÉ ii

TABLE DES MATIÈRES iii

LISTE DES TABLEAUX v

LISTE DES FIGURES vi

LISTE DES ANNEXES vii

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1 ELÉMENTS DE LA PROBLÉMATIQUE 3

1.1 Problématique et contexte de la recherche 3

1.2 Question de la recherche 7

1.3 Hypothèses de la recherche 7

1.4 Objectifs de la recherche 8

1.5 Études antérieures 8

1.5.1 Présentation des études antérieures 9

1.5.2 Analyse des études antérieures 14

1.6 Pertinence de la recherche 16

1.7 Limites de la recherche 17

1.8 Définition des termes 18

CHAPITRE 2 CADRE THÉORIQUE 20

2.1 Conceptions initiales 20

2.1.1 Bref historique 20

2.1.2 Définitions et explications 21

2.1.3 Conceptions initiales liées au principe d'inertie 23

2.2 Trois principaux modèles d'apprentissage 25

2.2.1 Modèle de l'empreinte (dit transmissif) : ignorer les conceptions initiales 25

2.2.2 Le modèle behavioriste : éviter les conceptions initiales 25
2.2.3 Le modèle constructiviste : Prendre en compte les conceptions initiales..... 26
2.3 Situation-problème..... 27
2.3.1 Les conceptions initiales en tant qu'obstacle 27
2.3.2 Définition..... 28
2.4 Démarches d'enseignement des sciences 30
2.4.1 Démarche inductiviste (démarche classique) 30
2.4.2 Démarche didactique hypothético-déductive 32
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE 35
3.1 Plan de la recherche et échantillon 35
3.2 Pré-test 36
3.3 Déroulement de l'intervention 38
3.3.1 Déroulement de la séquence d'enseignement-apprentissage du groupe témoin 38
3.3.2 Déroulement des séquences d'enseignement-apprentissage du groupe expérimental 40
3.4 Post-test..... 45
3.5 Méthodes d'analyse des données..... 47
CHAPITRE 4 RÉSULTATS ET DISCUSSION 48
4.1 Analyse des résultats relatifs au pré-test..... 48
4.2 Analyse des résultats relatifs au post-test 50
4.2.1 Analyse générale..... 50
4.2.2 Analyse particulière..... 52
4.3 Discussion des résultats 54
CONCLUSION 57
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 59
ANNEXES 66

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Démarches didactiques par lesquelles chaque classe de l'échantillon d'étude a été enseignée 36
Tableau 2 : Savoirs et Savoir-faire ayant fait l'objet du pré-test 37
Tableau 3 : Répartition de l'échantillon dans lequel chaque élément était présent à toutes les étapes de l'expérimentation 48
Tableau 4 : Résultats des tests de la normalité des résultats du pré-test dans les deux groupes ... 49
Tableau 5 : les résultats descriptifs du pré-test 49
Tableau 6 : Les résultats du test-t de Student pour échantillons indépendants du pré-test 49
Tableau 7 : Résultats des tests de la normalité des résultats du post-test dans les deux groupes.. 51
Tableau 8 : Les résultats du test U de Mann-Whitney du post-test 51
Tableau 9 : Pourcentage de réponses erronées qui reflètent les conceptions : Adhérence force-vitesse et Force capitalisée 52

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : La démarche inductiviste dans l'enseignement des sciences physiques 31
Figure 2 : la démarche hypothético-déductive en sciences physiques 34
Figure 3 : Exemple 1 d'une production d'apprenant pour la question n°4 de l'exercice n°3 du post-test 53
Figure 4 : Exemple 2 d'une production d'apprenant pour la question n°4 de l'exercice n°3 du post-test 53
Figure 5 : Exemple 3 d'une production d'apprenant pour la question n°4 de l'exercice n°3 du post-test 54
Figure 6 : Illustration de la théorie de l'impetus 68

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Approche historique du principe d'inertie 66
Annexe II : Le pré-test..... 71
Annexe III : Étude expérimentale présentée au groupe témoin..... 74
Annexe IV : La situation-problème présentée au groupe expérimental 76
Annexe V : Étude réelle du mouvement du ballon..... 77
Annexe VI : Étude expérimentale présentée au groupe expérimental..... 78
Annexe VII : Le post-test 79

INTRODUCTION

Sans aucun doute, nous vivons l'ère de la connaissance et du progrès scientifique et nous devons suivre le rythme de cette évolution, et il n'y a pas d'autre moyen de le faire que d'apprendre. Il est donc nécessaire d'en prendre soin. C'est la responsabilité de « la famille pédagogique » dans tous ses éléments, surtout l'enseignant et l'apprenant. Le rôle de chacun d'eux dans l'école moderne a changé ; l'enseignant n'est plus seulement un émetteur de l'information et l'apprenant est un récepteur passif de celle-ci (Bense, 2016), mais chacun a de nouveaux rôles et des charges plus lourdes que les précédents ; L'enseignant devient celui qui guide, stimule, encourage et facilite le processus d'enseignement-apprentissage (Bense, 2016). Quant à l'apprenant, il est devenu le centre du processus d'enseignement-apprentissage (Paquay, Carlier , Collès, & Huynen, 2002), en effet, c'est un participant actif qui y joue un rôle important, car il est le fruit auquel l'enseignant cherche à prêter attention de tous les aspects de sa personnalité ; devenir un être humain conscient capable de faire progresser et de développer sa société, et cela ne se fera que par le succès du processus d'enseignement-apprentissage.

Parmi les éléments les plus importants qui doivent être pris en compte dans le processus d'enseignement-apprentissage, on trouve les « méthodes d'enseignement » car c'est l'outil qui aide l'apprenant à comprendre et à assimiler le savoir scientifique, de sorte que le succès de ce processus est lié à la bonne sélection de méthodes d'enseignements appropriées pour le contenu fourni et le niveau de l'apprenant. Ces méthodes ont évolué en fonction des exigences de la vie contemporaine, après avoir été basées sur la transmission du savoir, elles se sont étendues pour inclure les niveaux cognitifs de l'apprenant (Colet & Romainville, 2006). L'enseignement fondé sur une démarche didactique hypothético-déductive fait face à une situation-problème, qui est l'une des variables de la recherche actuelle, est basé sur une vision constructiviste de l'apprentissage, puisque selon cette démarche, l'apprenant construira son apprentissage en interagissant avec une situation-problème et en dirigeant son apprentissage selon une démarche similaire à la démarche scientifique (Robardet, 1990).

Le rendement scolaire est une manifestation du succès du processus d'enseignement-apprentissage, en effet, c'est le fruit des efforts de l'apprenant, qui l'encouragent à continuer à s'efforcer de réussir

avec les meilleures notes, et c'est aussi un critère important pour mesurer le taux de réussite de l'enseignant à remplir pleinement son rôle.

En raison de l'importance de ces deux éléments dans le processus d'enseignement-apprentissage (démarche d'enseignement, rendement scolaire), cette recherche vise à étudier l'impact de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, sur le rendement scolaire des apprenants.

Les motifs de choix de ce sujet sont nombreux, dont les plus importants sont :

- Montrer les lacunes des démarches classiques qui sont encore très répandues dans l'enseignement des sciences dans les établissements d'enseignement marocains.

- Mettre en évidence les démarches d'enseignement alternatives les plus importantes et leur rôle dans la réussite du processus d'enseignement-apprentissage.

D'où la question à laquelle cette recherche tente de répondre est :

L'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, peut-elle améliorer le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques ?

Afin de traiter le sujet et de répondre à la question posée, on a établi un plan à observations pré- et post-expérimentales de deux groupes : le groupe témoin et le groupe expérimental.

Dans ce mémoire, le premier chapitre expose la problématique de la recherche, c'est-à-dire la mesure dans laquelle l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive affecte le rendement scolaire des apprenants et on justifie l'importance de l'étude. Il se termine par un énoncé des limites de la recherche. Le deuxième chapitre tente d'introduire les bases théoriques de la recherche et permet d'en définir les principaux concepts, c'est-à-dire les conceptions initiales, situation-problème et la démarche didactique hypothético-didactique. Ce chapitre présente également quelques modèles d'apprentissage en raison de la nécessité de comprendre les fondements de la démarche didactique hypothético-déductive et la situation-problème. Le troisième chapitre détaille le cadre méthodologique en précisant les caractéristiques des sujets de 1'étude, les instruments de mesure sélectionnés ainsi que les méthodes d'analyse des données. Le quatrième chapitre présente les résultats de cette recherche afin de vérifier ses hypothèses et se termine par leur discussion en essayant de les expliquer et de les comparer avec des études antérieures.

CHAPITRE 1

ELÉMENTS DE LA PROBLÉMATIQUE

Dans ce chapitre, on va commencer par présenter le contexte dans lequel la présente étude a vu le jour et la problématique qu'elle aborde, puis on va déterminer clairement la question de cette recherche et les hypothèses qui tentent d'y répondre, ainsi que les objectifs à atteindre. On va s'intéresser également aux études antérieures qui ont traité des sujets similaires au sujet de l'étude actuelle. Enfin, on va justifier la pertinence de mener cette étude, avant de préciser les limites de la recherche, y compris les définitions de ses termes.

1.1 Problématique et contexte de la recherche

Le système éducatif marocain a connu une succession de réformes, depuis la publication de la Charte Nationale d'Éducation et de Formation en 1999 et jusqu'à maintenant, dont l'objectif est d'améliorer l'enseignement-apprentissage des sciences et des technologies. Cependant, celui qui envisage l'enseignement en général et l'enseignement des sciences en particulier, constate que les apprenants souffrent d'une carence de connaissances et de compétences de base en sciences.

Ceci est clairement démontré dans les études internationales TIMSS[1] 2015 et TIMSS 2019 auxquelles le Maroc a participé, afin d'évaluer le niveau des acquis des élèves de la huitième année[2] en sciences, où il a obtenu des résultats bien en deçà de la moyenne internationale et un classement en bas de l'échelle. (CSEFRS, 2018) (Mullis, Martin, Foy, Kelly, & Fishbein, 2020).

De même, l'étude internationale PISA[3] 2018, à laquelle le Maroc a participé afin d'évaluer la capacité des élèves de 15 ans à mobiliser les connaissances et compétence acquises pendant leur parcours et de les appliquer à des situations de la vie réelle, a marqué que les élèves marocains ont enregistré de faibles scores en sciences (CSEFRS, 2021a).

[1] **T**rends in **M**athematics and **S**cience Study.
[2] La deuxième année secondaire collégiale du système éducatif marocain.
[3] Programme for International Student Assessment.

Cette faiblesse est réapparue dans les études nationales PNEA[4] 2016 et PNEA 2019 qui visaient à évaluer le niveau des acquis des élèves de la troisième année secondaire collégiale et du tronc commun, en sciences : les deux études ont montré que les élèves des deux niveaux concernés par l'évaluation présentent des carences au niveau des connaissances/compétences de base prescrites par le curriculum marocain (CSEFRS, 2017) (CSEFRS, 2021b).

Certains rapports nationaux ont constaté qu'il existe de multiples facteurs qui influencent les acquis des apprenants, tels que : classes surchargées, un manque de ressources matérielles, pédagogiques et numérique, environnement social ou familial défavorable, retard scolaire, attitudes négatives envers les sciences. (CSEFRS, 2018) (CSEFRS, 2021a) (CSEFRS, 2021b). Parallèlement, un rapport a constaté que les élèves marocains les plus performants n'ont pas atteint la moyenne de l'OCDE[5], ce qui incite à questionner les curricula, les programmes marocains, les méthodes pédagogiques et les pratiques enseignantes. À cet égard, de nombreuses études en didactique des sciences ont montré que les difficultés à l'apprentissage peuvent être liées aux pratiques enseignantes (Robert & Rogalski, 2002) (de Hosson, Mathé, & Méheut, 2008).

Dans de nombreux cas, on constate que les méthodes d'enseignement des sciences utilisées par les enseignants marocains sont des méthodes dogmatiques (Ministère de l'Éducation nationale, 2000). De même, plusieurs travaux didactiques (Dupin & Johsua, 1993) (Guillaud & Robardet, 1997) (Clément, 1998) dans les années quatre-vingt-dix ont confirmé que les enseignants des sciences utilisent fréquemment la démarche inductiviste (démarche classique) : manipulation, observations et mesures, conclusions.

Dans les premières années du vingt-et-unième siècle, des études ont encore confirmé que, dans l'enseignement secondaire, les expériences sont principalement utilisées dans une perspective inductiviste. (Kouhila & Maarouf, 2001) (Windschitl, 2003). Plus récemment, le rapport sur l'enseignement des sciences en Europe[6] pour l'année 2006, a soutenu la même idée :

> « Dans l'enseignement secondaire, les expériences sont principalement utilisées dans une perspective d'illustration des concepts, de vérification d'une loi, ou dans une démarche inductiviste (...). L'élève est alors placé en situation d'exécuter des manipulations qui lui sont

[4] Programme National d'Évaluation des Acquis.
[5] Organisation de Coopération et de Développement Économiques.
[6] L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe. État des lieux des politiques et de la recherche. Eurydice, le réseau d'information sur l'éducation en Europe, 2006.

> prescrites, (...) les conclusions semblant s'imposer d'elles-mêmes, lorsqu'elles ne sont pas connues d'avance. ».

En 2010, Apostolou et Koulaidis ont souligné également la persistance de l'attitude « empirico-inductiviste » chez les enseignants de sciences. (Apostolou & Koulaidis, 2010).

Cependant, la majorité des recherches en didactique des sciences (Robardet, 1990) (Pérez, 1991) (Lederman, 1992) (Désautels, Larochelle, Gagné, & Ruel, 1993) (Dupin & Johsua, 1993) (Clément, 1998) ont fortement critiqué la démarche inductiviste, pour plusieurs considérations. La plus importante est la non-prise en compte des idées des apprenants, préalablement formées, sur ce qu'ils vont apprendre[7]. D'autre part, la non-prise en compte des conceptions initiales des apprenants conduit à leur apparition le plus tôt possible. En plus, lorsqu'elles sont ignorées, elles entravent l'apprentissage de nouveaux savoirs (Giordan & Girault, 1994) et (De Vecchi & Carmona-Magnaldi, 1996). Partant de ce constat, la grande majorité des travaux ont insisté sur la nécessité de prendre en compte les conceptions initiales des apprenants (Martinand, 1986) (De Vecchi & Giordan, 1987) (Develay, 1992) (Dupin & Johsua, 1993) (Astolfi, Peterfalvi, & Vérin, 2006).

Parallèlement, on constate que le modèle constructiviste de l'apprentissage appelle également à prendre en compte les conceptions initiales des apprenants. En effet, selon ce modèle d'apprentissage, apprendre, c'est passer d'une conception ancienne à une conception nouvelle plus utile (Charnay & Mante, 2011). Parmi les pédagogies issues de ce courant, on trouve la pédagogie par situations-problèmes. Cette pédagogie cherche essentiellement à amener les apprenants à remettre en question certains de leurs conceptions initiales (Thouin, Réaliser une recherche en didactique, 2014). De plus, de nombreuses études qui ont critiqué l'inclusion d'activités expérimentales dans un raisonnement inductif, ont suggéré l'inclure dans une démarche didactique caractérisée par des caractéristiques similaires à celles de la démarche scientifique (de Hosson, Mathé, & Méheut, 2008).

Par conséquent, plusieurs travaux ont préconisé de briser la démarche inductiviste au profit d'une démarche didactique constructiviste fondée sur une épistémologie hypothético-déductive (Johsua, Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire, 1989) (Guillaud & Robardet, 1997) (Désautels, Larochelle, Gagné, & Ruel, 1993). Cette démarche didactique est plus proche de la démarche scientifique, en effet, elle cherche de pousser l'apprenant à mettre en avant

[7] Dans le domaine de l'éducation, on les appelle : représentations ou conceptions initiales.

ses conceptions initiales sous forme d'hypothèses dont l'invalidité peut être démontrée par l'expérience (Robardet, 1990). Ainsi, une telle démarche est venue reconsidérer le rôle des activités expérimentales dans l'enseignement scientifique et chercher à rendre l'apprentissage plus actif et plus stimulant en proposant aux apprenants des tâches plus ouvertes qui les laissent plus autonomes (Robardet, 1990).

Aujourd'hui, de nombreux pays institue des démarches didactiques constructivistes qui se basent sur un raisonnement hypothético-déductif, dans leurs curricula sous différentes dénominations : dans les pays anglophones, on parle surtout de « *Inquiry Based Learning (IBL)* ». Par exemple, un guide américain pour l'enseignement et l'apprentissage (National Research Council, 2000) a déclaré cinq caractéristiques principales de « *Inquiry Based Learning (IBL)*, sans aucune classification :

1. Les apprenants s'intéressent aux questions à caractère scientifique.

2. Les apprenants donnent la priorité aux preuves, ce qui leur permet de développer et d'évaluer des explications qui répondent à des questions d'ordre scientifique.

3. Les apprenants formulent des explications à partir de preuves pour répondre à des questions d'ordre scientifique.

4. Les apprenants évaluent leurs explications à la lumière d'autres explications, en particulier celles qui reflètent la compréhension scientifique.

5. Les apprenants communiquent et justifient les explications qu'ils proposent.

Dans les pays francophones, on utilise notamment la dénomination « démarche d'investigation (DI) ». Par exemple, en France, (de Hosson, Mathé, & Méheut, 2008) ont indiqué que « *la démarche d'investigation préconisée par les programmes de collège est une démarche hypothético-déductive, se déroulant à partir d'un conflit cognitif* ».

Au Maroc, on trouve, par exemple, que les instructions pédagogiques concernant l'enseignement des sciences physiques au collège, préconisent aussi d'adopter « la démarche d'investigation » comme une démarche pédagogique qui s'appuie sur des situations d'apprentissage dans lesquelles les apprenants sont de « jeunes scientifiques », qui gèrent leurs activités d'apprentissage selon des étapes similaires aux étapes de la démarche scientifique, telles que : la formulation du problème scientifique, la formulation d'hypothèses et leur examen par différentes

manières, la collecte de données et parvenir à des conclusions. (Ministère de l'Education Nationale, 2015).

La problématique de l'étude actuelle peut être identifié dans le faible rendement scolaire des apprenants marocains au secondaire qualifiant, précisément en sciences physiques. Ce qui peut être dû au fait que l'enseignement-apprentissage des sciences physiques s'appuie encore sur des méthodes traditionnelles telles que la démarche inductiviste. Afin de faire face à cette problématique, le chercheur travaillera à

a. L'élaboration d'un scénario pédagogique dont l'enseignant, qui est le chercheur lui-même, va adopter une démarche didactique hypothético-déductive fait face à une situation-problème.

b. L'évaluation de l'efficacité du scénario pédagogique à améliorer le rendement scolaire des apprenants.

De plus, on a choisi comme contenu scolaire, l'élément « Énoncé du principe d'inertie » appartenant au programme de physique-chimie du tronc commun (Ministère de l'Education Nationale, 2007). En effet, de nombreuses études (Viennot, 1978) (Clement, 1982) (Watts, 1983) (Gunstone, 1987) (Enderstein & Spargo, 1996) (Maarouf & Kouhila, 2001) (Mildenhall & Williams, 2001) ont montré que les apprenants ont des conceptions initiales erronées liées au principe d'inertie, qui peuvent entraver leur processus d'apprentissage.

1.2 Question de la recherche

Il ressort clairement de ce qui précède que la question à laquelle cette recherche tentera de répondre est la suivante :

> ***L'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, peut-elle améliorer le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques ?***

1.3 Hypothèses de la recherche

À la lumière de la question de cette recherche, on peut déterminer les deux hypothèses suivantes :

- **Hypothèse nulle (H_0) :** L'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, a le même effet que la démarche inductiviste (démarche classique), sur le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques.

- **Hypothèse alternative (H_1) :** L'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, a un effet positif, par rapport à la démarche inductiviste (démarche classique), sur le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques.

1.4 Objectifs de la recherche

Cette recherche vise les objectifs suivants :

- Évaluer l'impact de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, sur le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques.

- Faire une comparaison entre deux démarches d'enseignement différentes : une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème et une démarche inductiviste (démarche classique), au niveau du rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques.

- Améliorer les performances, en termes de résultats, des apprenants en matière des Sciences Physiques.

1.5 Études antérieures

L'enseignement selon des démarches didactiques constructivistes fondées sur une épistémologie hypothético-déductive, a fait l'objet de nombreuses études dans un grand nombre de pays sous différentes dénominations. On note qu'on n'avait accès qu'à certains d'entre eux, qui sont disponibles sur Internet sous la forme : mémoires de master, articles publiés dans des périodiques et des revues, ou des études présentées lors d'un séminaire pédagogique. Voici la présentation et l'analyse des études antérieures pertinentes pour l'objet de la présente étude :

1.5.1 Présentation des études antérieures

1. **L'étude** (Al Mushrif, 1993) **intitulée : « l'impact de l'enseignement fondé sur l'investigation sur le rendement scolaire et la pensée créative des élèves de la première année secondaire en biologie »**

Cette étude visait à identifier l'impact de l'enseignement fondé sur l'investigation sur le rendement scolaire des apprenants aux niveaux cognitifs suivants : mémorisation, compréhension, application, analyse, synthèse, et leur pensée créative, précisément en biologie.

D'une part, le chercheur a préparé un post-test pour mesurer le rendement scolaire et, d'autre part, il a utilisé le test de Torrance sur la pensée créative pour mesurer la capacité à penser de manière créative. En outre, ces deux tests ont été appliqués à un échantillon de 122 apprenants saoudiens divisés en deux groupes : le groupe expérimental qui a reçu un enseignement fondé sur l'investigation et le groupe de contrôle qui a reçu un enseignement traditionnel. Les données des deux groupes témoin et expérimental, issues de cette étude, sont analysées en utilisant la moyenne arithmétique, l'écart-type et le test-t de Student.

Les résultats de l'étude ont indiqué que l'enseignement fondé sur l'investigation a un effet positif, par rapport à l'enseignement traditionnel, sur le rendement scolaire des apprenants aux niveaux cognitifs plus élevés (analyse, synthèse) et le développement de la pensée créative. Tandis qu'il n'a pas été efficace pour développer les niveaux cognitifs moins élevés (mémorisation, compréhension, application).

2. **L'étude** (Abou Qamar, 1996) **intitulée : « L'impact de l'utilisation de la méthode de l'investigation guidée sur le rendement scolaire des élèves de la huitième année et leurs attitudes envers les sciences »**

Cette étude visait à identifier l'impact de la méthode de l'investigation guidée sur le rendement scolaire des élèves de la huitième année et leurs attitudes envers les sciences.

D'une part, le chercheur a préparé un test pour mesurer la compréhension des concepts scientifiques par les élèves et, d'autre part, il a utilisé une échelle d'attitudes pour mesurer les attitudes des élèves envers les sciences. En outre, ces deux tests ont été appliqués, avant et après le traitement expérimental, à un échantillon de 189 apprenants palestiniens divisés en deux groupes : le groupe expérimental qui a reçu un enseignement fondé sur l'investigation guidée et le groupe de

contrôle qui a reçu un enseignement traditionnel. Les données des deux groupes témoin et expérimental, issues de cette étude, sont analysées en utilisant la moyenne arithmétique, l'écart-type et le test-t de Student.

Les résultats de l'étude ont indiqué qu'il y a une différence significative entre les scores moyens des groupes expérimental et témoin dans le test de compréhension des concepts scientifiques et le test d'attitudes scientifiques, en faveur du groupe expérimental.

3. **L'étude** (Ayesh, 2009) **intitulée : « L'impact de la méthode des activités d'investigation sur la compréhension des concepts de la physique par les élèves de neuvième année et leurs croyances cognitives envers la science »**

Cette étude visait à identifier l'impact de la méthode des activités d'investigation sur la compréhension des concepts de la physique par les apprenants de la neuvième année et leurs croyances cognitives sur la science.

Le chercheur a préparé un test de la compréhension des concepts de la physique et un questionnaire des croyances cognitives sur la science, afin de les appliquer, avant et après le traitement expérimental, à un échantillon de 114 apprenants palestiniens divisés en deux groupes : le groupe expérimental qui a reçu un enseignement fondé sur l'investigation et le groupe de contrôle qui a reçu un enseignement traditionnel.

Les résultats de l'étude ont indiqué que l'enseignement fondé sur l'investigation a un effet positif, par rapport à l'enseignement traditionnel, sur la compréhension des concepts de la physique par les apprenants et leurs croyances cognitives sur la science.

4. **L'étude** (Kabbaja, 2014) **intitulée : « l'impact de l'utilisation de la stratégie de l'investigation réflexive sur l'acquisition des concepts de la physique et le développement des attitudes scientifiques chez les élèves de la sixième année en Palestine »**

Cette étude visait à identifier l'impact de la stratégie d'investigation réflexive sur l'acquisition des concepts de la physique par les apprenants de la sixième année et le développement de leurs attitudes scientifiques.

Le chercheur a préparé un test d'acquisition des concepts de la physique et un questionnaire d'attitudes scientifiques, afin de les appliquer à un échantillon de 146 apprenants palestiniens divisés en deux groupes : le groupe expérimental qui a reçu un enseignement fondé sur l'investigation réflexive et le groupe de contrôle qui a reçu un enseignement traditionnel. Les données des deux groupes témoin et expérimental, issues de cette étude, sont analysées en utilisant la moyenne arithmétique, l'écart-type et le test de l'ANCOVA.

Les résultats de l'étude ont indiqué qu'il y a une différence significative entre les scores moyens des groupes expérimental et témoin dans le test d'acquisition des concepts de la physique et le questionnaire d'attitudes scientifiques, en faveur du groupe expérimental.

5. **L'étude** (Abdi, 2014) **intitulée : « L'impact de la démarche d'investigation sur le rendement scolaire des élèves dans le cours de sciences »**

Cette étude visait à identifier l'impact de la démarche d'investigation sur le rendement scolaire des élèves de la cinquième année en sciences.

Le chercheur a préparé un pré-test et un post-test, afin de les appliquer à un échantillon de 40 apprenants iraniens divisés en deux groupes : le groupe expérimental qui a reçu un enseignement fondé sur l'investigation réflexive et le groupe de contrôle qui a reçu un enseignement traditionnel. Les données des deux groupes témoin et expérimental, issues de cette étude, sont analysées en utilisant le test de l'ANCOVA.

Les résultats de l'étude ont indiqué que l'enseignement fondé sur l'investigation a un effet positif, par rapport à l'enseignement traditionnel, sur le rendement scolaire des élèves.

6. **L'étude** (Maxwell, Lambeth, & Cox, 2015) **intitulée : « Les effets de l'utilisation de la démarche d'investigation sur le rendement scolaire des élèves de cinquième année en sciences »**

Cette étude visait à identifier les effets de la démarche d'investigation sur le rendement scolaire, les attitudes et l'engagement des élèves de cinquième année en sciences.

D'une première part, les chercheurs ont préparé des prétests et des post-tests pour mesurer le rendement scolaire des apprenants, d'une deuxième part, une enquête sur les attitudes envers les sciences a été administrée aux élèves avant et après l'intervention afin d'évaluer les attitudes

générales des élèves envers les sciences, d'une troisième part, l'engagement des élèves a été mesuré trois jours par semaine à l'aide d'une liste de contrôle de l'engagement des élèves. En outre, ces trois outils ont été appliqués à un échantillon de 42 apprenants américain divisés en deux groupes : le groupe expérimental qui a reçu un enseignement fondé sur l'investigation et le groupe de contrôle qui a reçu un enseignement traditionnel.

Les résultats de l'étude ont indiqué que les élèves du groupe expérimental ont obtenu des résultats plus élevés que les élèves du groupe traditionnel au post-test sur le rendement scolaire, mais ils n'ont pas été statistiquement significatif. De plus, les élèves ayant reçu l'enseignement fondé sur l'investigation ont montré une légère diminution statistiquement non significative de leurs attitudes positives envers les sciences, mais un engagement plus élevé par rapport aux élèves ayant reçu l'enseignement traditionnel.

7. **L'étude** (Aktamış, Hiğde, & Özden, 2016) **intitulée : « Les effets de la démarche d'investigation sur le rendement scolaire des élèves, leurs compétences liées à la démarche scientifique et leurs attitudes envers la science : une méta-analyse »**

Cette étude visait à identifier les effets de la démarche d'investigation sur le rendement scolaire des élèves et leurs compétences liées à la démarche scientifique et leurs attitudes envers la science.

Les chercheurs ont utilisé la méthode de méta-analyse pour examiner 19 études concernant les effets de la démarche d'investigation sur le rendement scolaire des élèves et leurs compétences liées à la démarche scientifique et leurs attitudes envers la science, par rapport à l'apprentissage traditionnel, menées en Turquie entre 2005 et 2015.

Les résultats de l'étude ont indiqué que la démarche d'investigation avait des effets beaucoup plus significatifs, par rapport à l'enseignement traditionnel, sur le rendement scolaire des élèves et leurs compétences liées à la démarche scientifique et leurs attitudes envers la science.

8. **L'étude** (Alfin, Hidayati, Hadi, & Rosidi, 2019) **intitulée : « Analyse de l'esprit critique des élèves face à l'apprentissage du raisonnement hypothético-déductif dans le cycle d'apprentissage 7e »**

Cette étude visait à identifier l'effet de la méthode de raisonnement hypothético-déductif dans le cycle d'apprentissage 7E[8] sur l'esprit critique des élèves de la septième année en Indonésie.

Le chercheur a préparé un pré-test et un post-test, afin de les appliquer à deux classes : la classe expérimentale qui a reçu un enseignement fondé sur la méthode de raisonnement hypothético-déductif et la classe témoin qui n'a reçu aucun traitement.

Les résultats de l'étude ont indiqué que le score moyen de la classe expérimentale dans le pré-test est de 48,39% (Assez bon), tandis que son score moyen dans le post-test est de 72,61% (Bon). Dans la classe témoin, le score moyen du pré-test était de 49,25% (Assez Bon) et le score moyen du post-test était de 62,61% (Bon).

9. L'étude (Verhagen, 2010) **intitulée : « Démarche hypothético-déductive : étude comparative des travaux pratiques de physique au Gymnase d'Yverdon »**

On peut dire que cette étude visait à identifier l'impact d'une démarche didactique hypothético-déductive sur le rendement scolaire des élèves de la première année[9] et leur appréciation d'une séance de travaux pratiques suit cette démarche, précisément en sciences physiques.

Le chercheur a préparé deux questionnaires pour obtenir des données sur l'appréciation que les élèves ont eu sur la méthodologie utilisée et les acquis des élèves, afin de les appliquer à un échantillon de 99 apprenants suisses divisés en deux groupes : le groupe expérimental qui a reçu un enseignement fondé sur une démarche didactique hypothético-déductive et le groupe de contrôle qui a reçu un enseignement traditionnel.

Les résultats de l'étude ne montrent pas de différence significative au niveau des acquis entre les deux démarches, ni au niveau des savoir ni au niveau du savoir-faire. Quant à l'appréciation par les élèves, la démarche hypothético-déductive est stimulante pour certains élèves alors que d'autres élèves s'y retrouvent plutôt perdus voir démotivés. Il n'y a donc pas une nette préférence par l'une des deux méthodes.

[8] Le modèle de cycle d'apprentissage 7E est un modèle d'apprentissage centré sur les activités des élèves et basé sur le constructivisme. Les élèves apprennent à construire des connaissances basées sur leur expérience d'exploration, par la discussion, l'observation, l'expérimentation et la résolution de problèmes.
[9] Les apprenants sont âgés de 15 à 16 ans

10. **L'étude** (Droui & El Hajjami, 2015) **intitulée : « Simulation et apprentissage par investigation »**

Cette étude visait à identifier l'impact d'un scénario d'apprentissage par investigation, en utilisant une simulation informatique, sur la compréhension conceptuelle de la mécanique newtonienne par des lycéens.

Les chercheurs ont appliqué le test d'inventaire du concept de force (FCI) sur un échantillon de 190 apprenants marocains au secondaire qualifiant de niveau deuxième année baccalauréat scientifique divisés en deux groupes : le groupe expérimental qui a reçu un enseignement fondé sur l'investigation et le groupe de contrôle qui a reçu un enseignement traditionnel. Les données des deux groupes témoin et expérimental, issues de cette étude, sont analysées en utilisant les statistiques descriptives et le test-t de Student.

Les résultats de l'étude ont indiqué que les élèves du groupe expérimental ont obtenu des résultats meilleurs que ceux du groupe témoin. La différence entre les gains normalisés d'apprentissage des deux groupes est statistiquement très significative.

11. **L'étude** (Ben Jemaa & Boilevin, 2016) **intitulée : « Impact de la démarche d'investigation par simulation des ondes mécaniques sur le raisonnement des élèves »**

Cette étude visait à identifier l'impact d'une séance d'enseignement basée sur une démarche d'investigation par simulation des ondes mécaniques sur les modes de raisonnement des élèves de terminale scientifique.

Le chercheur a préparé un pré-test et un post-test, afin de les appliquer à un échantillon de 21 apprenants tunisiens. Les données de l'échantillon, issues de cette étude, sont analysées en calculant le pourcentage de réponses correctes.

Les résultats de l'étude ont indiqué qu'une séance d'enseignement sur simulation basée sur la démarche d'investigation est capable d'aider les élèves à surmonter leurs difficultés d'apprentissage des ondes et de résoudre en partie un problème de conceptions erronées très répandu.

1.5.2 Analyse des études antérieures

On peut analyser les études antérieures ci-dessus, selon deux chemins :

a. Similitudes et différences entre l'étude actuelle et les études précédentes

- **L'objectif** : la présente étude vise à évaluer l'impact de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, sur le rendement scolaire des apprenants du tronc commun technologique, en sciences physiques. Ainsi, elle est similaire à toutes les études précédentes dans leur traitement des démarches didactiques constructivistes fondées sur une épistémologie hypothético-déductive, sous différentes dénominations, en tant que variable indépendante. D'autre part, cette étude est similaire aux études (Al Mushrif, 1993) (Abou Qamar, 1996) (Ayesh, 2009) (Kabbaja, 2014) (Abdi, 2014) (Maxwell, Lambeth, & Cox, 2015) (Aktamış, Hiğde, & Özden, 2016) (Droui & El Hajjami, 2015) (Verhagen, 2010) dans leur traitement du rendement scolaire en tant que variable dépendante. Cependant, elle diffère des études (Ben Jemaa & Boilevin, 2016) (Alfin, Hidayati, Hadi, & Rosidi, 2019) dans leur traitement des modes de raisonnement et l'esprit critique des apprenants en tant que variable dépendante.

- **La méthodologie :** la présente étude partage avec la plupart des études précédentes l'utilisation de la méthodologie de recherche qui consiste à comparer les résultats obtenus par deux groupes d'apprenants (le groupe expérimental et le groupe de contrôle), à l'exception de l'étude (Ben Jemaa & Boilevin, 2016) qui était satisfaite d'un seul groupe et de l'analyse des résultats avant et après la séquence d'enseignement-apprentissage.

- **La population et l'échantillon** : La population de la présente étude et son échantillon sont constitués de lycéens en général et d'apprenants du tronc commun en particulier, appartenant aux établissements publics affiliés au ministère marocain de l'éducation. Ainsi, elle diffère des études précédentes dans leur échantillon, sauf que les études (Al Mushrif, 1993) (Verhagen, 2010) lui étaient similaires concernant le niveau scolaire. D'autre part, elle est similaire à l'étude (Droui & El Hajjami, 2015) dans la sélection d'un échantillon d'élèves du secondaire qualifiant au Maroc, mais elle s'en différencie par son accent mis sur la deuxième année du baccalauréat.

b. En ce qui concerne les résultats des études antérieures liées à l'impact de l'utilisation d'une démarche didactique constructiviste fondée sur une épistémologie hypothético-déductive :

- La plupart des résultats des études précédentes s'accordent sur l'efficacité positive des démarches didactiques constructivistes qui suivent une épistémologie hypothético-déductive, car elles ont trouvé une différence significative entre le groupe expérimental et le groupe de contrôle, en faveur du groupe expérimental, sauf pour l'un des résultats de l'étude (Maxwell, Lambeth, & Cox, 2015), qui n'a pas trouvé l'effet positif de la méthode statistiquement significatif. Dans le même sens, les deux études (Ben Jemaa & Boilevin, 2016) (Alfin, Hidayati, Hadi, & Rosidi, 2019) ont confirmé l'effet positif de leurs méthodes, mais aucune des méthodes statistiques inférentielles n'a été utilisée pour vérifier la significativité de leurs résultats.

- Une partie des résultats des études (Al Mushrif, 1993) (Maxwell, Lambeth, & Cox, 2015) différent du reste des études, où l'un des résultats de l'étude (Al Mushrif, 1993) montrait l'inefficacité de la méthode sur le développement des niveaux cognitifs moins élevés (mémorisation, compréhension, application), tandis que le second montrait que la méthode a eu un impact négatif sur les attitudes des apprenants, en indiquant que ce résultat n'était pas statistiquement significatif. D'une autre part, l'étude (Verhagen, 2010) a indiqué qu'il n'y a pas une nette préférence par l'une des deux méthodes. Par conséquent, elle a recommandé de réaliser des travaux plus approfondis.

À la lumière de l'analyse précédente, on constate que les démarches didactiques constructivistes qui suivent une épistémologie hypothético-déductive ont surpassé les méthodes traditionnelles, au niveau de nombreux aspects de l'apprentissage. Tandis que certains résultats partiels montrent soit l'insignifiance des résultats obtenus statistiquement, ou la démarche didactique était inefficace ou a eu un effet négatif. Ce manque de clarté dans quelques études indique le besoin de plus de recherche sur l'efficacité de ces démarches didactiques, notamment dans la première année du secondaire qualifiant, que les travaux marocains, dans les limites des connaissances du chercheur, n'ont pas abordé.

1.6 Pertinence de la recherche

En premier lieu, cette recherche est née d'une prise de conscience des difficultés que connaissent les apprenants du secondaire qualifiant lors de l'apprentissage des sciences physiques en général,

et du principe d'inertie en particulier. Ainsi, Elle vise à participer à l'atteinte de la qualité de l'enseignement et à l'élévation du rendement scolaire des apprenants.

En second lieu, Il vise à connaître l'efficacité de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive et des situations-problèmes dans l'amélioration du rendement scolaire des élèves du secondaire qualifiant, ce qui peut permettre aux enseignants de les adopter dans la planification et la mise en œuvre de la matière des sciences physiques et dans d'autres matières.

En troisième lieu, l'absence de telles études à la bibliothèque marocaine, qui traite l'impact d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, en effet, cette recherche est l'une des rares recherches qui traite l'importance des démarches didactiques constructivistes qui se basent sur une épistémologie hypothético-déductive dans l'amélioration des performances des apprenants en sciences physiques, ce qui peut permettre aux chercheurs d'en bénéficier et d'accomplir des recherches similaires à l'étude actuelle dans d'autres matières et niveaux scolaires.

1.7 Limites de la recherche

Il est important de préciser les limites de cette recherche :

- Délimitation spatiale : La recherche s'est limitée à un seul lycée situé à Salé, une préfecture de la région marocaine de Rabat-Salé-Kénitra.

- Délimitation temporelle : Cette recherche a été menée au premier semestre de l'année scolaire 2021-2022.

- Niveau : La recherche s'est limitée à un échantillon d'apprenants du tronc commun technologie – option français.

- Contenu scolaire : La recherche s'est limitée à l'enseignement de l'élément « Énoncé du principe d'inertie » appartenant au programme de physique chimie.

- Objet : Cette recherche s'est limitée à étudier le facteur de la démarche d'enseignement qui conduit à la faiblesse du rendement scolaire des apprenants en matière des sciences physiques.

1.8 Définition des termes

En plus des limites indiquées ci-dessus, la recherche actuelle est limitée dans le cadre des définitions associées aux termes qui y sont utilisés :

a. **Démarche inductiviste (démarche classique)** : Dans cette étude, on utilise la définition proposée par Guy Robardet qui l'a défini comme une démarche didactique qui qui « *repose sur l'analyse, en classe, d'une expérience prototypique à partir de laquelle sont mis en évidence les concepts et les lois. Ce passage des faits à la loi s'appuie sur la rigueur, l'observation et la mesure*. » (Robardet, 1990).

b. **Démarche didactique hypothético-déductive** : Dans cette étude, on utilise la définition proposée par Guy Robardet qui l'a défini comme une démarche didactique basée sur la nécessité de prendre en compte les conceptions initiales des apprenants et d'inclure l'expérience dans un raisonnement hypothético-déductif, où l'apprenant présente ses conceptions initiales sous forme d'hypothèses et utilise l'expérience pour les vérifier. D'autre part, il est nécessaire de présenter des situations non simplifiées qui s'inspirent de la vie quotidienne des apprenants et de ne pas introduire le modèle enseigné que lorsque la classe en comprendra la nécessité. (Robardet, 1990)

c. **Situation-problème :** Dans cette étude, on utilise la définition proposée par De Vecchi et Carmona-Magnaldi : « *Il s'agit d'une situation de recherche, en relation avec un obstacle lié à des conceptions erronées et vécu par les élèves comme une contradiction. Le travail sur cet obstacle s'appuie alors sur des conflits cognitifs ou socio-cognitifs et son dépassement ouvre sur la construction de connaissances à caractère général* » (Boilevin, 2005).

d. **Rendement scolaire** : De Landeshere définit le rendement scolaire comme une série de performances scolaires pour une population donnée (De Landsheere, 1992). Dans cette étude, le rendement scolaire fait référence au résultat de ce que l'apprenant a appris de la séquence d'enseignement-apprentissage du principe d'inertie, et il est mesuré par la note obtenue par l'apprenant dans le post-test préparé par le chercheur et appliqué aux deux groupes : expérimental et témoin.

e. **Tronc commun technologique** : La première année d'enseignement secondaire qualifiant au Maroc. Les apprenants sont âgés de 15 à 16 ans.

CHAPITRE 2

CADRE THÉORIQUE

Dans ce chapitre, on va, d'abord, présenter le concept de conceptions initiales et celles liées au principe d'inertie, ce qui va conduire à l'étude de la place que les modèles les plus importantes de l'apprentissage attachent aux conceptions initiales des apprenants. Ensuite, on va introduire le concept de situation-problème avant d'aborder les démarches didactiques sujets de la recherche : la démarche inductiviste et la démarche didactique hypothético-déductive.

2.1 Conceptions initiales

Dans les théories pédagogiques modernes, les apprenants ne sont plus considérés comme vides d'esprit, bien au contraire, ils viennent à la Salle de cours avec des idées différentes sur le sujet de la séquence d'enseignement-apprentissage. Par conséquent, ce genre d'idées ne doit pas être ignoré. Il faut en tenir compte, parce que c'est nécessaire pour construire les connaissances des apprenants.

On va présenter ci-dessous un bref aperçu de l'histoire de ce concept, puis on va présenter quelques définitions que lui donnent des spécialistes, avant d'aborder les conceptions initiales des apprenants liées au principe d'inertie.

2.1.1 Bref historique

Il se peut que le terme de « **représentation** » remonte à ses origines en sociologie, où le sociologue français « ***Émile Durkheim*** » a l'utilisé pour la première fois **en 1898**, en référence à l'existence de « *croyances et valeurs communes à tous les membres d'une société, intrinsèquement distinctes de l'addition des représentations de ces individus* » (Danic, 2006), il a les appelé « *représentations collectives* » (Danic, 2006).

Quant à certains domaines qui influencent fortement la recherche didactique, on trouve que dans **les années vingt du siècle dernier**, le psychologue suisse « ***Jean Piaget*** » distingue les « **concepts spontanés** » « *que l'enfant construit dans les rapports quotidiens qu'il entretient avec le monde*

(le concept de frère par exemple) » (Brossard, 2005) et les concepts non-spontanés « *qui sont transmis par l'adulte, en particulier dans le cadre scolaire* » (Brossard, 2005). Après cela, on trouve que le pédagogue russe « ***Lev Vygotsky*** » a repris cette distinction en considération et s'est intéressé aux concepts scientifiques en tant que concepts non-spontanés. Dans ce contexte, il a écrit en **1933** que « *le développement des concepts scientifiques doit immanquablement prendre appui sur un certain niveau de maturation des concepts spontanés »* (Vygotski, (1933, traduit en 1985)).

Ensuite, dans son célèbre livre : « ***La formation de l'esprit scientifique*** » qui a été publié pour la première fois en **1938,** l'épistémologue des sciences « ***Gaston Bachelard*** » a critiqué les professeurs de sciences qui considère l'esprit de l'apprenant comme « **une page vierge** » et qu'ils ne tiennent pas compte de leurs « **connaissances empiriques** » préalablement construites chez eux (Bachelard, 1993).

On a attendu l'année **1970**, afin de retrouver le terme « **représentations** » dans le domaine didactique, où il a été utilisé pour la première fois par « ***Jean Migne*** » qui a le défini en disant :

> « *Une représentation correspond à la manière dont un individu donné, à un moment donné, face à une situation donnée mobilise ses connaissances antérieures* » (Migne, 1970)

Par la suite, la didactique s'est de plus en plus intéressée à ce concept, en raison de l'intérêt croissant pour l'apprenant, car il est devenu le centre du processus enseignement-apprentissage dans les approches pédagogiques modernes. Il était donc nécessaire d'étudier cette partie de sa formation mentale. Dans ce cadre, on note que certains didacticiens ont commencé à s'éloigner de l'utilisation du terme « **représentations** » car il n'a pas du tout le même sens d'une discipline à l'autre, et ils ont recommandé l'utilisation d'un terme spécifique au domaine didactique appelé « **conception** » (Clément, Giordan, & Girault, 1994)

Et conformément à cette suggestion, on va utiliser le terme « **conception** » à tout ce qui suit.

2.1.2 Définitions et explications

Au cours d'une recherche dans la littérature didactique, on a trouvé plusieurs définitions qui diffèrent au moins dans leurs formulations. Alors, comment ce terme est-il utilisé par les spécialistes ?

Dans leur livre « **Les origines du savoir** » A. Giordan et G. De Vecchi ont défini les conceptions en disant : Une conception est : « *un ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes, **explicatives**, utilisées par les apprenants pour raisonner face à des situations-problèmes, mais surtout il met en évidence l'idée que cet ensemble traduit **une structure mentale sous-jacente** responsable de ces manifestations contextuelles* » (De Vecchi & Giordan, Les origines du savoir: des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques, 1987, p. 79).

Partant de cette définition, on voit que les conceptions sont des structures implicites qui ne sont pas déclarées par l'apprenant, car ce que l'apprenant déclare comme des idées n'est que le reflet de cette structure. C'est ce que A. Giordan a expliqué en disant : « *une conception, ce n'est pas ce qui émerge en classe, c'est-à-dire ce que l'élève dit, écrit ou fait. Une conception correspond à la structure de pensée* sous-jacente *qui est à l'origine de ce que l'élève pense, dit, écrit ou dessine »* (Giordan A. , Les conceptions de l'apprenant : un tremplin pour l'apprentissage, 1996)

La définition indique aussi la fonction fondamentale des conceptions ; **l'explication**. En effet, Les apprenants disposent de « *modèles explicatifs* » (De Vecchi & Giordan, L'enseignement scientifique: comment faire pour que "ça marche"?, 2002) simples et logiques, adaptés pour expliquer les faits qui appartiennent à leur environnement, c'est sa : « *grille de lecture, d'interprétation et de prévision de la réalité* » (Giordan A. , Les conceptions de l'apprenant : un tremplin pour l'apprentissage, 1996) ou ses « *Théories personnelles du monde* » (Develay, 1992). Dans le même sens, Jean-Pierre Astolfi et Develay Michel ont vu que les conceptions « *correspondent à des connaissances qui sont structurées et organisées entre elles, des connaissances qui sont le résultat d'une évolution et qui "[servent] de système d'explication efficace et fonctionnel* » (Astolfi & Develay, La Didactique des sciences, 1989).

On constate de ce qui précède que les conceptions concernent principalement l'individu, où elles dépendent de son **niveau de connaissance**, son **histoire** et son **milieu socioculturel**. On veut dire ici, que les conceptions des apprenants sont affectées par leur degré de maturité. D'autre part, ils expriment des conceptions qui apparaissent clairement affectées par ce qu'ils ont vécu et vivent dans leur environnement, où A. Giordan et G. De Vecchi ont dit : « *les conceptions ont une genèse à la fois individuelle et sociale* » (De Vecchi & Giordan, Les origines du savoir: des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques, 1987, p. 85)

Le rapport de la conception de l'apprenant à ses expériences antérieures confirme qu'elle « *est personnelle et qu'elle peut évoluer* » (De Vecchi & Giordan, L'enseignement scientifique: comment faire pour que "ça marche"?, 2002). Cela signifie que chaque individu a ses propres conceptions qu'il utilise pour expliquer son environnement, et au fur et à mesure que les situations qui lui arrivent se progressent, la conception de l'apprenant se construit et s'évolue.

Ainsi dans cette recherche, on va utiliser le terme « conception » comme décrivant l'ensemble des connaissances, que l'apprenant construit et développe personnellement à partir de ce qu'il vit quotidiennement dans son environnement, qui sont organisées et utilisées pour faire face à différentes situations-problèmes et pour expliquer et prédire sa réalité.

Dans le paragraphe suivant, on s'intéressera aux conceptions des apprenants liées au principe d'inertie.

2.1.3 Conceptions initiales liées au principe d'inertie

Les apprenants ont de nombreuses conceptions initiales, souvent erronées, sur les savoirs scientifiques enseignées à l'école (Robardet, 1990). Ce qui a incité de nombreuses études didactiques à les étudier selon leur domaine : mécanique, optique, électricité, thermodynamique, etc. (Thouin, Les représentations de concepts en sciences physiques chez les jeunes, 1985). En ce qui concerne la relation entre la force et le mouvement, de nombreuses études (Clement, 1982) (Gunstone, 1987) (Enderstein & Spargo, 1996) (Mildenhall & Williams, 2001) ont montré qu'un bon nombre d'apprenant pensent qu'il y a systématiquement une force qui s'exerce sur un objet en mouvement (la direction et le sens de la force correspondant à celles de son déplacement).

Par exemple, lorsque les apprenants étudient un système de pendule et sont invités à inventorier les forces qui lui est appliquée, de nombreux apprenants ajoutent à son poids et à la tension du fil, une force tangentielle à la trajectoire du pendule (Thouin, Les représentations de concepts en sciences physiques chez les jeunes, 1985). Cet ajout vient expliquer la cause du mouvement du pendule dans la direction et le sens du mouvement.

Comme autre exemple, on lance une balle vers le haut et on demande également aux apprenants d'inventorier les forces qui lui est appliquée pendant la phase de montée. Une grande proportion d'apprenants mentionne le poids de la balle dont le sens vers le bas, mais ils ajoutent aussi une autre

force plus grande que le poids et qui dirige vers le haut (Viennot, 1978), souvent appelée « la force de la poussée de la main ». Cette force qui explique pourquoi la balle se déplace vers le haut.

Donc les apprenants ont une conception qui consiste à associer l'observation d'un mouvement à l'existence d'une force motrice. En effet, d'après leur expérience dans la vie quotidienne, une force est nécessaire pour prolonger le mouvement d'un corps parce qu'il existe toujours des frottements qui le freinent. Il existe donc pour plusieurs apprenants **une adhérence force-vitesse.**

Par conséquent, les apprenants n'acceptent pas la vérité énoncée par le principe d'inertie : « un corps peut continuer dans son mouvement rectiligne uniforme sans être soumis à une force ».

Aussi, de nombreux étudiants croient qu'un corps en mouvement peut posséder un capital de force interne qui lui permet de se mouvoir et si ce capital de force s'épuise, l'objet s'arrête. (Watts, 1983) (Maarouf & Kouhila, 2001). C'est ce que Laurence Viennot appelait aussi « *l'idée de capitalisation* » (Viennot, 1978).

Voici par exemple comment un étudiant, cité par Michael McCloskey, explique le mouvement d'un boulet de canon tiré verticalement :

> « *À mesure que le boulet s'élève, la force engendrée par le canon s'épuise et la gravité prend de l'importance : alors le boulet ralentit. À l'altitude maximale la force du canon et la gravité sont sensiblement égales ; c'est le point de renversement où la force du canon devient inférieure à la gravité, laquelle devient alors la force prédominante*. » (McCloskey, 1983).

C'est pourquoi, certaines apprenantes peuvent voir qu'un objet qui roule sur un plan finit par s'arrêter parce que leur « capital de force » s'est dissipé, au lieu de remarquer que sa vitesse diminue en raison des forces de frottement opposées à son mouvement, sans lesquelles la balle n'aurait pas cessé de bouger.

Enfin, on note que les conceptions initiales des apprenants sur la relation entre le mouvement et la force sont similaires aux idées aristotéliciennes qui disent qu'il n'y a pas de possibilité de mouvement sans moteur[10], et sont similaires à l'idée de « l'impetus » qui s'est propagée dans le moyen Âge[11].

[10] Elles sont détaillées dans l'annexe I.
[11] Elle est détaillée dans l'annexe I.

Après avoir défini le concept de conceptions initiales et abordé celles liées au principe d'inertie, on va aborder maintenant la place des conceptions initiales dans les modèles d'apprentissage.

2.2 Trois principaux modèles d'apprentissage

Selon Labédie et Amossé, les recherches sur la notion de conceptions initiales permettent aujourd'hui de distinguer trois grandes positions en éducation : le modèle transmissif, le modèle comportementaliste (béhavioriste) et les modèles constructivistes et socio-constructivistes. (Amossé & Labédie, 2001)

2.2.1 Modèle de l'empreinte (dit transmissif) : ignorer les conceptions initiales

La première position ignore les conceptions initiales des apprenants, c'est-à-dire qu'elle les considère comme inexistantes. En effet, cette position considère la tête de l'apprenant comme « *une page blanche à écrire* » (Astolfi, 2010), vierge de toute connaissance sur le sujet abordé. L'apprentissage est alors vu comme le fait d'enregistrer en mémoire d'un récepteur (l'élève) du message (le savoir) transmit par un émetteur (l'enseignant), comme si ce savoir s'imprimait directement dans la tête de l'élève telle une cire molle (Astolfi, 2010). Pour cette raison, ce modèle d'apprentissage est appelé le modèle d'empreinte ou le modèle transmissif. Ce modèle s'inspire principalement des travaux du philosophe empiriste John Locke (1632-1704 apr. J. -C.), qui considérait que « *Il n'est rien dans l'intellect, qui n'ait auparavant été dans la sensation* » (Giordan, Eastes, & Pellaud, 2004).

Ainsi d'après le modèle transmissif, l'enseignant doit maîtriser le savoir et travailler pour le rendre enseignable, puis l'exposer clairement en s'appuyant sur les méthodes de « *présentation immédiate (le discours, le discours illustre par des objets, des images et même des expériences)* » (Giordan & Girault, 1994). Alors que l'élève doit écouter et faire attention au discours de son enseignant afin de le mémoriser. La somme de ces pratiques est qualifiée de « frontale » parce que pendant le processus d'enseignement, l'enseignant est face aux élèves (Briguette, 2012).

2.2.2 Le modèle behavioriste : éviter les conceptions initiales

La deuxième position consiste à éviter les conceptions initiales des apprenants (Amossé & Labédie, 2001). Selon le modèle béhavioriste, l'esprit de l'apprenant est « une boîte noire » à laquelle on ne peut pas accéder, d'où l'impossibilité de l'étudier. Alors il s'intéresse d'une part à l'étude des

comportements observables de l'apprenant et d'autre part à l'environnement qui définit ces comportements (Wade & Tavris, 1999). En d'autres termes, le « stimulus » et la « réponse ».

L'apprentissage se résume à l'établissement d'une connexion entre un stimulus et une réponse observable, soit en associant de façon répétée un stimulus (le stimulus inconditionné), qui provoque naturellement une réponse particulière (la réponse inconditionnée), à un stimulus neutre. En fin de compte, le stimulus neutre devient le stimulus conditionné et suscite la même réponse, c'est le conditionnement classique. (Levine & Munsch, 2014). Soit en utilisant de conséquences positives et négatives pour renforcer ou affaiblir les comportements volontaires, c'est le conditionnement opérant (Nagel, 2013).

Ainsi d'après le modèle béhavioriste l'enseignement est l'acquisition d'automatismes, c'est-à-dire inculquer des comportements, des attitudes ou des réactions (Barnier, 2008). Pour cela, l'enseignant doit « *décomposer la matière à enseigner en unités élémentaires de connaissance, chacune faisant l'objet d'un exercice particulier* » (Giordan & Girault, 1994), définir les savoirs en termes comportements observables attendus en fin d'apprentissage (Astolfi, 2010) et mettre en place des exercices progressifs permettant de franchir les différentes étapes sans difficultés. De son côté, l'élève exécute et répète les attitudes et les gestes attendus en suivant la progression établie du plus simple au plus complexe. De là, l'erreur a un statu négatif, on cherche à l'éviter grâce à un parcours extrêmement guidé et pré-jalonné par l'enseignant ou le concepteur de programme. (Astolfi, 2010)

2.2.3 Le modèle constructiviste : Prendre en compte les conceptions initiales

La troisième position tient compte des conceptions initiales. En effet, l'apprentissage d'un savoir nouveau demande une transformation profonde de celles-ci (Compère, Verhaeghe, & Wolfs, 2004). Selon le modèle constructiviste, l'apprentissage dépend principalement du processus d'équilibration, c'est-à-dire de la manière dont l'apprenant peut intégrer de nouveaux savoirs dans un système de connaissances non contradictoires (Forman, 1980).

Le processus d'équilibration commence lorsque les apprenants vivent un conflit cognitif provoqué par une contradiction entre son anticipation (basée sur sa conception initiale) et un démenti apporté par une nouvelle situation. Ils sont au stade du déséquilibre. Afin de surmonter ce conflit, ils comprennent et organisent leur monde au fur et à mesure qu'ils élaborent des connaissances, en s'adaptant. Cette adaptation implique deux processus de base : l'assimilation et l'accommodation

(Forman, 1980). La première se produit lorsque les individus incorporent de nouvelles informations dans leurs connaissances existantes (Ciechalski & Locke, 1995). Tandis que la deuxième est le processus par lequel les apprenants s'adaptent à de nouvelles informations ou intériorise un stimulus qui ne correspond à aucun des cadres déjà possédés (Ciechalski & Locke, 1995)

Ainsi, contrairement aux modèles précédents, le constructivisme postule que l'apprenant doit nécessairement construire de lui-même les connaissances pour les apprendre : l'apprenant s'approprie les connaissances par l'exploration, l'apprentissage actif et les mises en pratique, en se confrontant à des situations et en résolvant des problèmes (Chevrollier, 2016)

De son côté, l'enseignant doit organiser des situations d'apprentissage favorisant la construction active des connaissances (Vienneau, 2011). Des situations destinées à faire prendre conscience à l'apprenant de l'insuffisance de ses conceptions initiales et l'amener à modifier leur système explicatif. En un mot, les situations de classe qui peut favoriser la mise en place de ce processus sont appelées des situations-problèmes.

2.3 Situation-problème

La plupart des travaux didactiques s'accordent à dire que l'objectif premier visée par les situations-problèmes est le franchissement d'un obstacle par l'élève. (Boilevin, 2005). Ainsi, il était nécessaire d'aborder ce que l'on entend par « obstacle » dans la didactique des sciences, avant de fournir des définitions spécialisées du concept de « situation-problème » et d'aborder quelques conseils de spécialistes pour la construire.

2.3.1 Les conceptions initiales en tant qu'obstacle

D'une part, le dictionnaire français Robert définit l'obstacle comme « *Ce qui s'oppose au passage, gêne le mouvement* ». D'autre part, le didacticien des mathématiques Guy Brousseau a vu que l'obstacle relève d'une connaissance qui possède un domaine de validité et d'efficacité, comme elle est résistante à l'enseignement et à l'apprentissage (Artigue, 1991). On distingue des « *obstacles épistémologiques (qui résultent de l'analyse des contenus), psychogénétiques (qui dépendent de l'état de développement logique) et didactiques (qui sont la conséquence involontaire des actions didactiques antérieures)* » (Astolfi, Peterfalvi, & Vérin, Comment les enfants apprennent les sciences?, 2006).

Un obstacle peut correspondre à « *une conception fausse ou incomplètement élaborée qui empêche l'apprenant d'avancer dans la construction d'un savoir* » (De Vecchi & Carmona-Magnaldi, Faire construire des savoirs, 1996).

En effet, les conceptions initiales sont caractérisées par une grande résistance au processus d'acquisition de nouveaux savoirs scientifiques (De Vecchi & Giordan, 1987; Astolfi & Develay, 1989; Johsua & Dupin, 1986) : il est difficile pour les apprenants d'abandonner leurs conceptions initiales qui sont des modèles explicatifs **simples et cohérents** : « *pertinentes dans la vie quotidienne (et encore souvent dans l'enseignement) et donc régulièrement confortées* » (Guillaud & Robardet, 1997). Comme elles constituent également des **systèmes intellectuels économiques** par rapport aux connaissances scientifiques abstraites et complexes. Ainsi l'esprit de l'étudiant vit une sorte de confort.

2.3.2 Définition

Dans les années soixante-dix du siècle dernier, le concept de situation-problème est apparu avec la didactique des mathématiques :

> « À la fin des années soixante-dix, l'expression « situation-problème » recouvrait aussi bien les problèmes permettant la construction de nouvelles connaissances, que ceux permettant de réinvestir et d'approfondir les notions étudiées. En fait, on qualifiait de situation-problème, toute situation qui posait problème aux élèves, c'est-à-dire toute question ou ensemble de questions dont la réponse n'est pas évidente et nécessite la mise en œuvre de concepts mathématiques importants et incite l'élève à se dépasser pour réussir. » (Gamo, 2001)

Ensuite, Philippe Meirieu a généralisé le concept en fournissant une description de la structure que la situation-problème doit suivre :

> « Il est proposé aux sujets de suivre une tâche. Cette tâche ne peut être menée à bien que si l'on surmonte un obstacle qui constitue le véritable objectif d'acquisition du formateur. Grâce à l'existence d'un système de contraintes, le sujet ne peut mener à bien le projet sans affronter l'obstacle. Grâce à l'existence d'un système de ressources, le sujet peut surmonter l'obstacle ». (Meirieu, 2017)

Dans le même sens, Astolfi a souligné l'importance d'aborder les obstacles par les enseignants (Astolfi, 2010), comme il a dégagé les caractéristiques d'une situation-problème en sciences (Astolfi, 1993)

1. Une situation problème est organisée autour du franchissement d'un obstacle par la classe, obstacle préalablement bien identifié.

2. L'étude s'organise autour d'une situation à caractère concret, qui permette effectivement à l'élève de formuler hypothèses et conjectures. Il ne s'agit donc pas d'une étude épurée, ni d'un exemple ad hoc, à caractère illustratif, comme on en rencontre dans les situations classiques d'enseignement (y compris en travaux pratiques)

3. Les élèves perçoivent la situation qui leur est proposée comme une véritable énigme à résoudre, dans laquelle ils sont en mesure de s'investir. C'est la condition pour que fonctionne la dévolution : le problème, bien qu'initialement proposé par le maître, devient alors « leur affaire ».

4. Les élèves ne disposent pas, au départ, des moyens de la solution recherchée, en raison de l'existence de l'obstacle qu'ils doivent franchir pour y parvenir. C'est le besoin de résoudre qui conduit l'élève à élaborer ou à s'approprier collectivement les instruments intellectuels qui seront nécessaires à la construction d'une solution.

5. La situation doit offrir une résistance suffisante, amenant l'élève à y investir ses connaissances antérieures disponibles ainsi que ses représentations (ou conceptions), de façon à ce qu'elle conduise à leur remise en cause et à l'élaboration de nouvelles idées.

6. Pour autant la solution ne doit pourtant pas être perçue comme hors d'atteinte pour les élèves, la situation problème n'étant pas une situation à caractère problématique. L'activité doit travailler dans une zone proximale, propice au défi intellectuel à relever et à l'intériorisation des « règles du jeu ».

7. L'anticipation des résultats et son expression collective précèdent la recherche effective de la solution, le « risque » pris par chacun faisant partie du « jeu ».

8. Le travail de la situation-problème fonctionne ainsi sur le mode du débat scientifique à l'intérieur de la classe, stimulant les conflits sociocognitifs potentiels.

9. La validation de la solution et sa sanction n'est pas apportée de façon extérieure par l'enseignant, mais résulte du mode de structuration de la situation elle-même.

10. Le réexamen collectif du cheminement parcouru est l'occasion d'un retour réflexif, à caractère métacognitif. Il aide les élèves à conscientiser les stratégies qu'ils ont mises en

œuvre de façon heuristique, et à les stabiliser en procédures disponibles pour de nouvelles situations.

En conclusion, la situation-problème est conçu pour que l'élève puisse s'engager dans sa résolution en investissant ses conceptions initiales. Dans une deuxième phase, l'élève prend conscience de l'insuffisance de ses conceptions initiales. En fin, la situation devrait lui permettre de construire de nouvelles connaissances pour résoudre le problème. Ce n'est pas possible sans repérer une ou plusieurs conceptions initiales erronées chez les apprenants qui font des obstacles à l'acquisition du savoir que l'on souhaite enseigner.

Après avoir abordé l'outil de « situation-problème », on va aborder ci-dessous l'une des démarches didactiques qui lui convient.

2.4 Démarches d'enseignement des sciences

Certains professeurs enseignent encore les sciences physiques en utilisant la démarche inductiviste (la démarche classique), celle-ci est complètement inapproprié pour les principes sur lesquels l'outil de situation-problème a été fondé. On doit donc passer du raisonnement inductif au raisonnement hypothético-déductif, dans l'enseignement des sciences. (Robardet, 1990)

Dans ce qui suit, on va aborder la démarche inductiviste et ses lacunes les plus importantes, qui ont conduit à appeler à l'adoption d'une démarche constructiviste fondée une épistémologie hypothético-déductive.

2.4.1 Démarche inductiviste (démarche classique)

Dans le domaine de l'enseignement des sciences, Guy Robardet a défini la démarche inductiviste comme la démarche qui « *repose sur l'analyse, en classe, d'une expérience prototypique à partir de laquelle sont mis en évidence les concepts et les lois. Ce passage des faits à la loi s'appuie sur la rigueur, l'observation et la mesure.* » (Robardet, 1990). On peut également la définir brièvement comme la séquence : manipulation, observations et mesures, conclusions.

Cette démarche consiste à « aller du particulier au général ». En effet, les apprenants mènent une étude d'une expérience particulière et à partir des faits observés ou les mesures effectuées pendant leur « découverte », ils sont invités à généraliser pour aboutir aux lois de la physique. Par exemple,

les élèves étudient l'évolution de la tension aux bornes d'un conducteur ohmiques en fonction de l'intensité du courant électrique qui le traverse afin de « redécouvrir » la loi d'ohm.

Dans cette démarche, l'enseignant joue le rôle principal, c'est lui « *qui conduit l'exploitation théorique de l'expérience.* » (Robardet, 1990). Alors que l'apprenant n'a qu'à observer ou effectuer des mesures et ensuite les convertir en un graphique à partir duquel se trouve la loi. Le schéma proposé ci-dessous (Guillaud & Robardet, 1997, p. 53) récapitule la démarche inductiviste dans l'enseignement des sciences physiques.

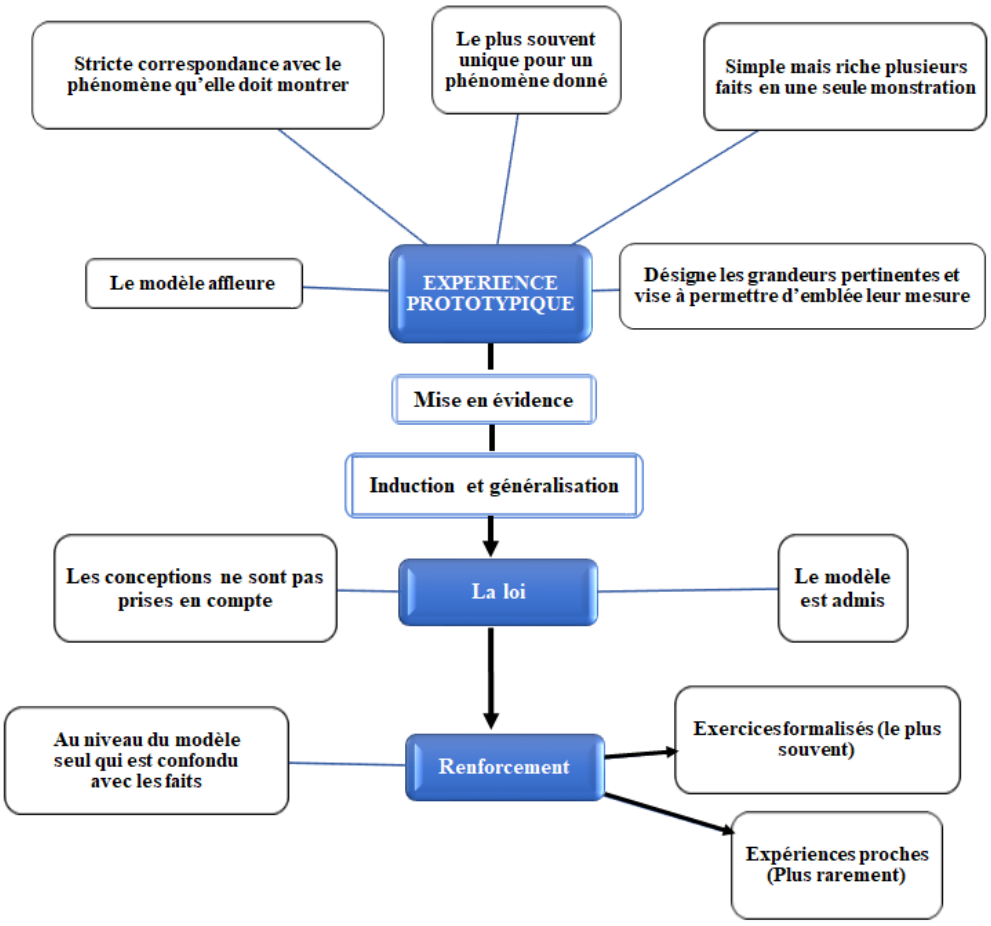


Figure 1 : La démarche inductiviste dans l'enseignement des sciences physiques

Cependant, cette démarche a été signalée par de nombreux travaux (Robardet, 1990) (Pérez, 1991) (Lederman, 1992) (Désautels, Larochelle, Gagné, & Ruel, 1993) (Dupin & Johsua, 1993) (Clément, la biologie et sa didactique, dix ans de recherche, 1998). En effet, elle souffre de nombreux défauts qui en font une démarche non constructrice mais plutôt une démarche transmissive (Guillaud & Robardet, 1997). Voici quelques - uns de ses défauts :

D’abord, les apprenants se retrouvent le plus souvent en situation de spectateur, ou comme le dit Pierre Clément : « *Vous n’avez qu’à observer !* » (Clément, la biologie et sa didactique, dix ans de recherche, 1998). Cela conduit à ne pas éveiller la curiosité de l'apprenant et à ne pas développer son esprit critique, c’est une démarche qui ne favorise pas du tout l'autonomie des apprenants. Ainsi, « *le recours systématique, en classe, à l’approche inductiviste a pour effet, semble-t-il, de maintenir l’élève dans une attitude de passivité et, donc, ne favorise pas l’activité intellectuell*e » (Guillaud & Robardet, 1997)

Ensuite, l’enseignant utilise souvent une expérience qui ne présente pour les apprenants aucun lien avec leur vie courante. Son objectif est l’enseignement direct du modèle plutôt que d'être une des étapes de modélisation du phénomène étudié (Robardet, 1990). Cela peut la principale raison pour laquelle cette démarche ne peut être motivante pour les apprenants et n'a aucun sens. Par exemple, les apprenants se demandent : À quoi sert l’étude du mouvement d’un mobile à coussin d’air ? Cette démarche implique les apprenants dans un processus dont ils ne connaissent pas le but et pourquoi ils font ce que l'enseignant demande, ils répondent à des questions qu'ils n'ont pas posées. C'est ce que le philosophe Karl Popper a critiqué :

> « Notre pédagogie consiste à submerger les enfants de réponses à des questions qu’ils n'ont pas posées alors qu’on n’écoute pas celles qu’ils posent. (…) La pédagogie ordinaire est un ensemble de réponses sans questions et de questions sans réponses ». (Popper & Lorenz, 1990)

En fin, cette démarche ne prend pas en compte les conceptions initiales des apprenants, mais plutôt les ignore, comme tout modèle d’enseignement passif. Or, « *toute la recherche en didactique de ces dernières décennies montre à quel point les représentations naïves des élèves résistent à un tel enseignement expérimental* » (Johsua, Contribution à la délimitation du contraint et du possible dans l'enseignement de la physique (essai de didactique expérimentale), 1985)

Le constat de ces lacunes pousse à penser à une démarche didactique active permettant aux apprenants de prendre conscience de l’écart qui existe entre leurs conceptions initiales erronés et les faits expérimentaux. Une démarche constructive qui semble être convenable face à une situation problème.

2.4.2 Démarche didactique hypothético-déductive

La démarche hypothético-déductive est une démarche scientifique qui consiste à tester une conséquence déduite de l’hypothèse. On peut dire que le mode de raisonnement scientifique

adoptée à l'heure actuelle est le raisonnement hypothético-déductif (Dépelteau, 2010). L'épistémologue Sophie Roux a proposé un schéma de cette démarche :

> « Soit H une hypothèse théorique qui est conforme à toutes les données dont on dispose. On en déduit une conséquence nouvelle, qui est expérimentalement testable. De deux choses l'une :
>
> i. Soit cette conséquence nouvelle se révèle contraire à l'expérience, on considère alors que l'hypothèse est infirmée ou encore réfutée par l'expérience E ;
> ii. Soit l'expérience est telle qu'on l'avait prévu par déduction, on considère alors que l'hypothèse est confirmée par E (ou corroborée = non-infirmée) » (Roux, 2007)

Dans le domaine de l'enseignement des sciences, Guy Robardet a défini trois critères qui doivent être remplis dans une démarche didactique hypothético-déductive (Robardet, 1990) :

- Comme on l'a indiqué précédemment, la construction des savoirs scientifiques suppose la prise en compte des conceptions initiales des apprenants.

- L'apprentissage ne commence pas par l'expérience, celle-ci ne vient que pour confirmer ou infirmer les conceptions initiales des apprenants.

- Il faut distinguer les faits des modèles en présentant des situations non simplifiées, inspirées de la réalité des apprenants, qui met en évidence la nécessité d'adopter des modèles comme outils pour simplifier la situation et fournir une solution acceptable au problème.

Par conséquent, l'enseignant qui cherche à utiliser une démarche qui tient compte des conceptions initiales des apprenants et qui est appropriée à la situation-problème, il peut utiliser une démarche didactique hypothético-déductive (Robardet, 1990). En effet, une fois que l'enseignant présente une situation- problème aux apprenants, ceux-ci formulent des hypothèses qui les obligent à faire émerger leurs conceptions initiales. Ensuite, ils conçoivent un protocole expérimental et réalisent les expériences-tests qui permettent de tester leurs hypothèses. Puis, la confrontation des résultats constatés avec les résultats attendus permet de valider ou d'infirmer les hypothèses. Ainsi, les limites des conceptions initiales des apprenants seront montrées. En fin, L'apprenant construit son savoir en passant d'une conception initiale erronés à une conception finale plus conforme aux savoirs scientifiques. Le schéma proposé ci-dessous (Guillaud & Robardet, 1997, p. 85) récapitule la démarche hypothético- déductive en sciences physique.

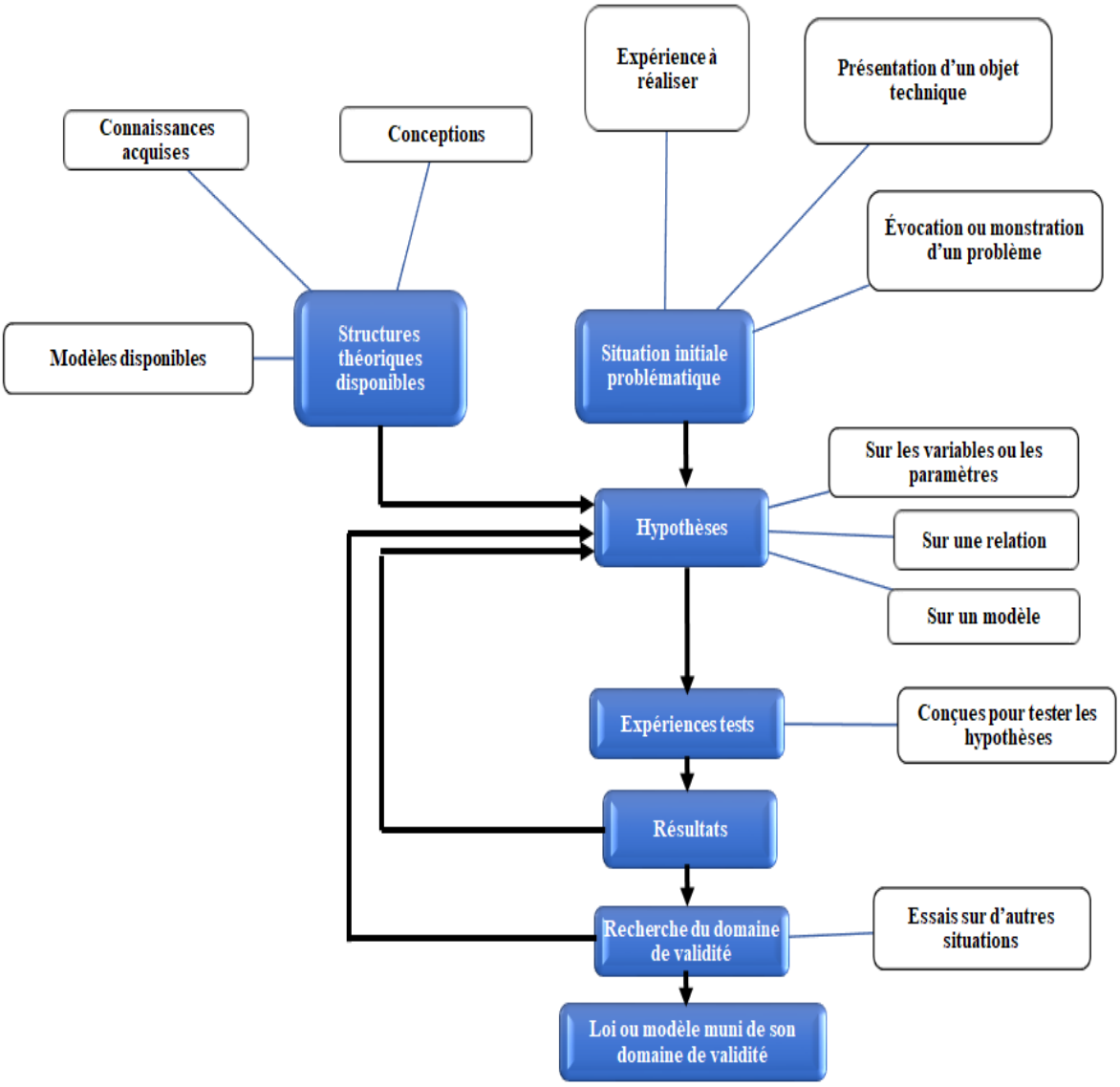


Figure 2 : la démarche hypothético-déductive en sciences physiques

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre comprend le plan de la recherche, l'échantillon de l'étude, les outils de mesure utilisés, ainsi que les traitements statistiques qui ont été utilisés.

3.1 Plan de la recherche et échantillon

Il faut rappeler que la présente recherche vise à savoir dans quelle mesure l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème peut améliorer le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques. Par conséquent, L'étude a adopté la méthodologie de recherche semi-expérimentale en deux groupes : groupe expérimental et groupe témoin.

Cette étude s'est déroulée en prenant pour cible un échantillon de 93 apprenants du niveau du tronc commun technologique appartenant à une tranche d'âge qui varie entre 15 et 16 ans. Les apprenants sujet de l'étude appartiennent à 3 classes chacune issus d'un même établissement scolaire publique à Salé. On a choisi cet échantillon parce qu'il était facilement disponible, en effet l'enseignant des apprenants de l'échantillon est lui-même le chercheur.

Les apprenants de l'échantillon ont été répartis en deux groupes (Tableau 1) :

- Dans le premier groupe (groupe témoin) constituant de 32 apprenants, la séquence de cours est assurée par un enseignant en utilisant une démarche inductiviste (démarche classique). La classe du groupe témoin est désignée par la lettre A.

- Dans le deuxième groupe (groupe expérimental) constituant de 61 apprenants, la séquence de cours est assurée par le même enseignant en utilisant une démarche didactique hypothético-déductive fait face à une situation-problème. Les deux classes du groupe expérimental sont désignées par les lettres B et C.

Tableau 1 : Démarches didactiques par lesquelles chaque classe de l'échantillon d'étude a été enseignée

Groupe	Classe	Nombre d'apprenants	Démarche d'enseignement
Groupe témoin	A	32	Démarche inductiviste (démarche classique).
Groupe expérimental	B	31	Démarche didactique hypothético-déductive fait face à une situation-problème.
	C	30	

3.2 Pré-test

On a conçu un pré-test[12] qui a été effectué avant les séquences d'enseignement-apprentissage, pour voir si les apprenants du groupe expérimental et ceux du groupe témoin maîtrisaient au même degré les acquis précédents liés à l'élément « Énoncé du principe d'inertie ». Afin de construire ce pré-test, on a adopté la méthodologie suivante :

- Dans un premier temps, on a limité les savoir et savoir-faire précisés dans les programmes antérieurs et le programme actuel du tronc commun, dont la maîtrise est nécessaire pour l'apprentissage (Tableau 2).

[12] Voir l'annexe II

Tableau 2 : Savoirs et Savoir-faire ayant fait l'objet du pré-test

Discipline	Domaine de savoir	Savoirs et savoir-faire exigibles
Physique	Interactions mécaniques	• Connaitre les actions mécaniques. • Distinguer une action de contact d'une action à distance. • Savoir classer les forces en forces extérieurs et forces intérieures. • Savoir qu'une action mécanique se modélise par une force. • Connaitre et déterminer les caractéristiques d'une force. • Savoir représenter une force. • Connaître et déterminer les caractéristiques du poids d'un corps. • Connaitre et déterminer les caractéristiques de la réaction d'un plan sur un corps.
	Mouvement	• Savoir la notion de trajectoire. • Connaitre et déterminer la nature du mouvement d'un solide (uniforme, accéléré, retardé).
	Équilibre d'un corps solide soumis à deux forces	• Connaître et appliquer la condition d'équilibre.
Mathématiques	Somme vectorielle	• Savoir construire la somme de deux vecteurs colinéaires. • Appliquer la règle du parallélogramme.

- Dans un deuxième temps, on a élaboré 6 exercices en portant une attention toute particulière au fait de ne pas poser de questions redondantes. L'objectif est bien d'évaluer le plus finement possible la maitrise de chaque ressource, une seule fois.

Concernant les types des items utilisés, on a choisi :

- Des questions fermées : QCU (questions à choix unique) et questions d'appariement pour les items qui mesurent le degré de maîtrise des savoirs « simples » antérieures par l'apprenant. En effet, ces types d'items se caractérisent par leur simplicité pour l'apprenant, par la facilité de les traiter statistiquement et par leur objectivité, ce qui facilitera la mesure en réduisant ses problèmes d'interprétation et son temps.

- Des questions ouvertes : Il était nécessaire de s'appuyer sur ce type d'items afin de savoir dans quelle mesure les élèves maîtrisaient les savoir-faire antérieures, telles que la représentation d'une force et l'application de la règle du parallélogramme.

La durée approximative de ce test est d'environ 30 minutes. Une durée qui a permis également à l'enseignant de bien clarifier et expliquer les items afin d'assurer des réponses plus appropriées.

3.3 Déroulement de l'intervention

L'intervention a été réalisée sous forme de trois séquences d'enseignement-apprentissage qui sont déroulées au début du mois de janvier du premier semestre de l'année scolaire 2021-2022.

3.3.1 Déroulement de la séquence d'enseignement-apprentissage du groupe témoin

Le principe d'inertie est enseigné aux apprenants du groupe témoin par une démarche inductiviste (démarche classique) au cours d'une séquence d'enseignement-apprentissage qui a duré environ une heure et demie et s'est déroulé comme suit :

- **Phase n°1 : Présentation du dispositif expérimental**

L'enseignant a distribué un document[13] aux apprenants qui présente une étude expérimentale du mouvement d'un mobile sur coussin d'air. Après que l'enseignant a annoncé aux apprenants que l'objectif de cette étude expérimentale est d'établir le principe d'inertie, Il est allé avec eux au laboratoire. Puis, il a commencé à expliquer le fonctionnement de la table à coussin d'air et ses accessoires en insistant sur :

- ✓ La possibilité de créer un mouvement dans lequel les forces de frottement sont négligeables.
- ✓ La possibilité d'enregistrer les positions de différents mouvements afin de les étudier plus tard.

- **Phase n°2 : Étude du mobile autoporteur au repos**

D'abord, L'enseignant a demandé aux apprenants d'étudier l'autoporteur au repos en faisant l'inventaire des forces qui lui sont appliquées et les représenter. Ainsi les apprenants ont cité et représenté le poids du mobile autoporteur et la réaction de la table sur lui.

[13] Voir l'annexe III

Ensuite, l'enseignant a demandé aux apprenants de déterminer la somme vectorielle des deux forces. Les apprenants ont trouvé que leur somme vectorielle est nulle ($\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$) en justifiant leur réponse par le fait que le mobile autoporteur est en équilibre.

Enfin, l'enseignant a demandé aux apprenants de déterminer le vecteur vitesse du mobile autoporteur, et ils ont répondu que c'est un vecteur nul ($\vec{V} = \vec{0}$) puisque le mobile autoporteur est au repos.

- **Phase n°3 : Étude du mobile autoporteur en mouvement (mouvement rectiligne uniforme)**

Premièrement, l'enseignant a demandé aux apprenants d'étudier le mobile autoporteur en mouvement en lui donnant une impulsion et d'exploiter l'enregistrement qu'il va laisser afin de déterminer la nature et la trajectoire de son mouvement. Les apprenants ont constaté que le mouvement du mobile autoporteur est rectiligne uniforme ($\vec{V} = \overrightarrow{constante}$) en justifiant leurs réponses par le fait que les positions de son mouvement sont alignées et équidistantes.

Deuxièmement, l'enseignant a demandé aux apprenants de faire l'inventaire des forces qui lui sont appliquées et les représenter. Les apprenants ont mentionné et représenté, comme précédemment, le poids du mobile autoporteur et la réaction de la table sur lui en constatant que le vecteur de la réaction est perpendiculaire au plan de la table car les forces de frottement son négligeables.

Troisièmement, l'enseignant a rappelé aux apprenants que la somme vectorielle des forces est nulle ($\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$), car la représentation des forces dans le cas de repos et dans ce cas de mouvement sont semblables.

- **Phase n°4 : Conclusion et généralisation du principe d'inertie**

Les apprenants ont résumé et généralisé ce qu'il a obtenu des deux cas (Cas du repos et du mouvement rectiligne uniforme) : Un système isolé ou pseudo-isolé ($\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$) initialement au repos ($\vec{V} = \vec{0}$) ou en mouvement rectiligne uniforme ($\vec{V} = \overrightarrow{constante}$) persévère dans son état, c'est l'énonce du principe d'inertie.

3.3.2 Déroulement des séquences d'enseignement-apprentissage du groupe expérimental

Le principe d'inertie est enseigné aux apprenants du groupe expérimental, chacun selon sa classe, par une démarche didactique hypothético-déductive fait face à une situation-problème, au cours deux séquences d'enseignement-apprentissage, chacun d'eux a duré environ deux et qui s'est déroulé selon les phases suivantes :

- **Phase n°1 : Présentation de la situation-problème**

D'abord, l'enseignant a visé à amener les apprenants à exprimer leurs conceptions initiales en présentant une image animée[14] contenant un ballon qui semble se déplacer à une vitesse de 15 km/h attachée à la situation-problème suivante :

> ***Un ballon initialement en mouvement peut-il garder sa vitesse sans avoir besoin de lui appliquer une force ?***

Ensuite, l'enseignant a essayé de clarifier la question posée en précisant que la situation s'interroge sur la possibilité de la continuation du ballon dans un mouvement rectiligne uniforme (c'est ce que l'on entend dans la situation-problème par « ***garder sa vitesse*** ») sans avoir à le pousser par exemple (c'est ce que l'on entend dans la situation-problème par « ***sans avoir besoin de lui appliquer une force*** »). Puis, l'enseignant a demandé aux apprenants de répondre individuellement à la question posée et d'écrire une réponse argumentée sur un morceau de papier.

Enfin, l'enseignant a recueilli et lu les réponses. Il a pu aussi les compter et annoncer le résultat : la majorité a répondu qu'un ballon ne peut pas continuer dans un mouvement rectiligne uniforme sans être soumise à une force. Cela a également permis aux apprenants de découvrir des réponses différentes de celles qu'ils attendaient d'entendre. Ce qui peut contribuer à leur remise en question de leurs conceptions initiales.

- **Phase n°2 : Formulation des hypothèses et déduction des prédictions**

Après que l'enseignant a révélé les réponses des apprenants, il est devenu clair que la majorité d'entre eux croient qu'un corps ne peut pas maintenir sa vitesse sans être soumis à une force. À ce moment-là, l'enseignant a commencé le processus de remise en question de leurs conceptions

[14] Voir l'annexe IV

initiales en demandant d'abord aux apprenants de lui expliquer comment prouver leur point de vue empiriquement. Pour clarifier sa question, il a ajouté les questions suivantes :

- « Est-ce que on va pousser un ballon pour qu'elle se déplace dans un mouvement rectiligne, et à un moment donné, on va le rendre non soumis à toute force[15], puis voir qu'elle ne gardera pas sa vitesse ? »

- « Mais comment obtenir un corps en mouvement qui n'est soumis à aucune force ? »

Toujours dans le cadre d'aider les apprenants à trouver un moyen pour prouver leur point de vue empiriquement, l'enseignant a suggéré aux apprenants d'étudier réellement le mouvement du ballon, puis, grâce à cette étude, ils peuvent découvrir ce qui les aide à prouver leur point de vue. L'étude réelle du mouvement du ballon a été réalisée à travers un document[16] montrant la chronophotographie du mouvement d'un ballon botté par un joueur pour prendre une trajectoire rectiligne. Dans ce qui suit, on va présenter comment s'est déroulé cette activité :

En premier lieu, l'enseignant a demandé aux apprenants de déterminer la nature du mouvement du ballon. Les apprenants ont constaté que le mouvement du ballon est rectiligne retardé en justifiant leur réponse par le fait que le ballon a parcouru des distances de plus en plus petites.

En deuxième lieu, il a demandé aux apprenants de citer et représenter les forces appliquées sur le ballon lors de son déplacement, c'est-à-dire à un moment où il n'est pas soumis à l'action du joueur (le moment t_1 par exemple). Les apprenants ont mentionné le poids du ballon et la réaction du sol sur le ballon. Mais certains d'entre eux ont suggéré d'ajouter « la force de la jambe du joueur qui a frappé le ballon ». Il s'avère que, bien que l'enseignant ait expliqué aux élèves qu'il parlait après que le ballon a quitté la jambe du joueur, ces apprenants voient que la poursuite de la balle dans son mouvement est le résultat d'un « capital de force » qui lui est imprimée par la jambe du joueur et qui s'épuise au cours du mouvement, et une fois ce « capital de force » épuisé, le ballon s'arrête. C'est ce dont on a parlé plus tôt sous le nom de la conception de la force capitalisée[17]. Ce qui s'est passé a incité l'enseignant à ouvrir une discussion avec/entre les apprenants pour tenter de les convaincre d'abandonner cette conception. L'enseignant et certains apprenants ont souligné que la

[15] En fait, il ne peut y avoir aucun objet se déplaçant à la surface de la Terre qui ne soit en même temps soumis à aucune force (système isolé mécaniquement), mais parce que les systèmes isolés et pseudo-isolés sont équivalents, on veut dire ici exactement comme si le ballon n'était soumis à aucune force.
[16] Voir l'annexe V
[17] Voir la section : 2.1.3 - Conceptions initiales liées au principe d'inertie

force appliquée au ballon par la jambe du joueur est une force de contact et non à distance. En d'autres termes, pour que la jambe du joueur agisse sur le ballon, elle doit être en contact avec le ballon, donc à l'instant où l'inventaire de forces est demandé, on ne peut pas mentionner une telle force. Ainsi, les apprenants n'avaient qu'à représenter les forces, et ici l'enseignant a demandé aux apprenants de décomposer la réaction du sol en ses composantes normale et tangentielle, car cela les aiderait plus tard à déterminer la résultante des forces appliquées sur le ballon.

En troisième lieu, l'enseignant a demandé aux apprenants de déterminer la résultante des forces appliquées sur le ballon. Les apprenants, de ce qui précède, ont remarqué que le poids et la composante normale de la réaction se compensent. Par conséquent, il ne reste que les forces de frottement. Ainsi, le ballon est comme s'il n'était soumis qu'à une seule force qui s'oppose à son mouvement, qui est la force de frottement.

Immédiatement après cette étude, l'enseignant a animé une discussion avec les apprenants, pour :

- Les amener à voir que la somme des forces appliquées sur le ballon aurait été nulle sans la présence de forces de frottement, et donc si on veut qu'elle soit nulle, il faut supprimer cette force de frottement ou la réduire afin qu'elle devienne négligeable.

- Les amener à voir qu'il est difficile de minimiser les forces de frottement appliquées sur le ballon jusqu'à ce qu'elles soient presque inexistantes. De même, il est très difficile de déterminer la vitesse du ballon afin de savoir si elle restera constante ou changera.

Ainsi, L'enseignant a alerté les apprenants sur la possibilité de recourir à un autre corps, qui peut réaliser ces deux possibilités, à la place du ballon. Afin de résumer tout cela, l'enseignant a posé aux apprenants la question suivante :

> ***Existe-t-il un dispositif expérimental avec lequel nous pouvons réduire les forces de frottement jusqu'à ce qu'elles deviennent négligeables et en même temps nous permettre de déterminer la vitesse d'un corps en mouvement ?***

Parce que les apprenants ont déjà connu le fonctionnement de la table à coussin d'air et ses accessoires dans les chapitres précédents (La mise en évidence de la réaction du plan et l'étude du mouvement rectiligne uniforme), certains d'entre eux ont proposé de l'utiliser comme un dispositif expérimental permettant de négliger les frottements et de déterminer la vitesse du mobile

autoporteur. Il ne reste plus qu'à l'enseignant d'aider les apprenants à déduire des prédictions mesurables de leur hypothèse, afin de les vérifier expérimentalement plus tard.

Leur hypothèse, dans sa nouvelle forme, dit que le mobile autoporteur ne peut pas maintenir sa vitesse (mouvement rectiligne uniforme) s'il n'est pas soumis à une force. Par conséquent, les apprenants en ont déduit la prédiction mesurable suivante : les positions du mouvement de l'autoporteur seront alignées mais non équidistantes (un mouvement rectiligne non uniforme) lorsque nous le laisserons se déplacer dans un mouvement rectiligne et ne sera soumis à aucune force (la résultante des forces extérieures qui lui sont appliquées est nulle).

➲ **Phase n°3 : Vérification de l'hypothèse par l'expérimentation**

L'enseignant a distribué un document[18] aux apprenants qui présente une étude expérimentale du mouvement d'un mobile sur coussin d'air et il leur a demandé de l'accompagner au laboratoire pour réaliser l'expérience-test. Au laboratoire, l'enseignant a rappelé aux apprenants le fonctionnement du mobile sur coussin d'air en mettant l'accent sur :

- ✓ La possibilité de créer un mouvement dans lequel les forces de frottement sont négligeables.
- ✓ La possibilité d'enregistrer les positions de différents mouvements afin de les étudier plus tard.

Après avoir mis en marche le dispositif expérimental, l'enseignant a demandé à l'un des apprenants de donner une impulsion au mobile autoporteur. Lorsque le mobile autoporteur a terminé son mouvement, l'enseignant a présenté l'enregistrement qu'il a laissé et il a demandé aux apprenants de préciser la nature de son mouvement. Les apprenants ont vu que le mouvement du mobile autoporteur est rectiligne uniforme en justifiant leurs réponses par le fait que les positions du mouvement de l'autoporteur sont alignées et équidistantes.

Ensuite, l'enseignant a demandé aux apprenants de revenir à la salle de classe pour répondre au reste des questions de l'activité. Quand ils y sont arrivés, l'enseignant a demandé aux apprenants de faire l'inventaire des forces qui lui sont appliquées et les représenter. Les apprenants ont mentionné et représenté le poids du mobile autoporteur et la réaction de la table sur lui en constatant

[18] Voir l'annexe VI

que le vecteur de la réaction est perpendiculaire au plan de la table car les forces de frottement son négligeables.

De plus, l'enseignant a demandé aux apprenants de déterminer la résultante des forces appliquées sur le mobile autoporteur. Les apprenants ont remarqué que le poids et la composante normale de la réaction se compensent. Par conséquent, ils ont écrit que la résultante des forces extérieurs exercées sur le mobile autoporteur est un vecteur nul ($\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$).

Afin que les apprenants soient conscients de la profondeur du résultat révélé par cette expérience et comprennent clairement qu'il contredit leur conception initiale (leur hypothèse), Ils doivent d'abord se rendre compte que la raison pour laquelle la vitesse du moteur ne diminue pas est l'absence des forces de frottement (C'était l'objectif de l'enseignant de poser aux apprenants la question 2 de l'étude expérimentale). Ainsi, en l'absence des forces de frottement (la résultante des forces extérieurs exercées sur le mobile autoporteur est un vecteur nul) et en supposant que la surface de la table à coussin d'air est infinie, le mobile autoporteur ne changera pas sa vitesse et ne s'arrêtera plus (C'était l'objectif de l'enseignant de poser aux apprenants la question 3 de l'étude expérimentale). Il en résulte que le ballon peut garder sa vitesse (continuer dans un mouvement rectiligne uniforme) sans être soumis à aucune force. Au contraire, il faut le soumettre aux forces de frottement pour que sa vitesse diminue et s'arrête.

Ici, les apprenants ont pris conscience que cette expérience est incompatible avec leur conception initiale. Ils ont vécu dans un conflit cognitif[19]. L'enseignant doit ouvrir une discussion avec eux afin qu'ils puissent formuler une nouvelle compréhension de l'effet de la force sur la vitesse.

- **Phase n°4 : Interprétation et discussion des résultats**

L'enseignant doit donc pousser les apprenants à reconsidérer les effets de la force sur le mouvement (son effet sur la valeur de la vitesse et de la trajectoire du mouvement) en ouvrant une discussion avec eux, qu'elle va les amener à se rendre compte le nouveau principe permettant la compréhension et l'interprétation de la relation entre la force et la vitesse. Cela semble également être « un principe raisonnable » d'une part :

[19] Voir la section 2.2.3 - Le modèle constructiviste : Prendre en compte les conceptions initiales

Si nous laissons la direction, le sens et la valeur du vecteur vitesse du corps tels qu'elles sont. Ils ne changeront pas.

Ainsi, les apprenants ont commencé à comprendre que pour qu'un objet maintienne son vecteur vitesse, aucune force ne doit lui être appliquée. Au contraire, si on veut changer la direction, le sens ou la valeur de la vitesse d'un objet, on doit créer un effet en appliquant une force sur l'objet.

En outre, l'enseignant a demandé aux apprenants de revenir aux situations du ballon et du mobile autoporteur dans les activités précédentes pour interpréter leur mouvement à la lumière de la nouvelle compréhension.

➲ **Phase n°5 : Conclusion et généralisation du principe d'inertie**

C'était le moment d'institutionnaliser le savoir c'est-à-dire, pour les apprenants, de résumer et généraliser la nouvelle compréhension à laquelle ils sont parvenus de la discussion précédente : Un système isolé ou pseudo-isolé ($\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$) initialement au repos ($\vec{V} = \vec{0}$) ou en mouvement rectiligne uniforme ($\vec{V} = \overrightarrow{constante}$), persévère dans son état. C'est l'énonce du principe d'inertie.

3.4 Post-test

On a procédé à réaliser un post-test[20], il a eu lieu une semaine après la fin du traitement expérimental, afin de faire une comparaison entre le groupe témoin et le groupe expérimental au niveau du rendement scolaire. Ce qui aide à identifier l'effet de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation problème, sur le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques. Le post-test s'est présenté sous forme d'un test écrit qui se compose de trois exercices visant à vérifier que les apprenants ont compris le principe d'inertie et qu'ils sont capables de l'appliquer. Dans ce qui suit, on présente le contenu de chaque exercice séparément :

L'exercice 1 se compose de deux consignes : la 1ère consigne place l'apprenant devant quatre situations simples de corps en mouvement rectiligne, l'apprenant est invité à déduire si la résultante des forces est nulle ou non en se basant sur la nature du mouvement. La 2ème consigne, qui présente une caisse pseudo-isolé, vise à savoir dans quelle mesure l'apprenant est convaincu que le corps

[20] Voir l'annexe VII

pseudo-isolé n'est pas nécessairement dans un état de repos, mais il peut être dans un mouvement rectiligne uniforme.

On peut dire que l'exercice 2 se compose de deux parties : la première partie (AB), liée au mouvement d'un skieur sur un plan incliné, demande de déduire si la résultante des forces est nulle ou non mais sans indiquer directement la nature du mouvement. La 2ème partie (BC), liée au mouvement du skieur sur un plan horizontal, demande de représenter les forces agissant sur le skieur sachant que les forces de frottements sont négligeable sur cette partie et de déduire la nature du mouvement du skieur sur cette partie. La dernière question vise à savoir si l'apprenant est convaincu que le corps qui est en mouvement rectiligne uniforme restera dans ce mouvement tant que la résultante des forces est nulle et donc le skieur ne s'arrêtera pas sur la partie (BC) qui est infinie.

L'exercice 3, qui présente une chronophotographie du mouvement d'une balle de golf, demande d'identifier la nature du mouvement de la balle puis en déduire si la résultante des forces est nulle ou non. La dernière question vise à savoir dans quelle mesure la conception de la force capitalisée[21] persiste chez les apprenants. Autrement dit, les élèves penseront-ils que la poursuite de la balle du golf dans son mouvement est le résultat d'un « capital de force » qui lui est imprimée par le bâton de golf et qui s'épuise au cours du mouvement, et une fois ce « capital de force » épuisé, la balle du golf s'arrête ? Ceci sera démontré par les apprenants, lorsqu'ils vont faire l'inventaire des forces exercées sur la balle du golf, en ajoutant « la force du bâton de golf » aux forces du poids de la balle et la réaction du sol sur lui.

Concernant les types des items utilisés, on a choisi autant que possible des items à choix unique (QCU). En effet, comme nous l'avons déjà expliqué, ce type d'item se caractérise par leur simplicité pour l'apprenant, par la facilité de les traiter statistiquement et par leur objectivité, ce qui facilitera la mesure en réduisant ses problèmes d'interprétation et son temps. Cependant, les questions auxquelles il fallait répondre par une expression ou une représentation des forces étaient des questions ouvertes.

La durée approximative de ce test est d'environ 30 minutes. Une durée qui a permis également à l'enseignant de bien clarifier et expliquer les items afin d'assurer des réponses plus appropriées.

[21] Voir la section : 2.1.3 - Conceptions initiales liées au principe d'inertie

3.5 Méthodes d'analyse des données

Il faut rappeler que la présente recherche est quasi-expérimentale. Elle visait d'étudier l'effet de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, sur le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques. C'est pourquoi, on s'est intéressé à la comparaison des résultats obtenus par les groupes témoin et expérimental dans le post-test, dont chacun d'eux a subi une démarche d'enseignement spécifique. Puisque l'analyse consiste à tenter de vérifier l'influence d'une variable explicative qualitative (démarche d'enseignement) sur une variable dépendante quantitative (les résultats des deux groupes dans le post-test), on a préféré d'utiliser l'analyse statistique comparative en adoptant la méthodologie suivante :

- Dans un premier temps, on va tester la normalité des données obtenues dans le post-test. Ce sont les tests de « Kolmogorov-Smirnov » et de « Shapiro-Wilk » qui permettent de vérifier si la distribution des résultats du post-test est normale ou pas normale dans les deux groupes.

- Dans un second temps, sur la base des résultats des tests de normalité, on va vérifier si le lien, entre les variables **démarche d'enseignement** et **résultats du post-test**, est significatif ou non, en procédant :

    - Soit par une analyse de comparaison par le test-t de Student, si les résultats du post-test suivent une loi normale dans les deux groupes.

    - Soit par une analyse de comparaison par le test U de Mann-Whitney, si les résultats du post-test ne suivent pas une loi normale dans au moins un des deux groupes.

Enfin, on note que les données recueillies, en termes de notes des tests des apprenants, sont traitées et élaborées à l'aide du logiciel SPSS 26.

CHAPITRE 4

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le dernier chapitre de l'étude présente les résultats obtenus par le chercheur à travers le pré-test et le post-test dans l'horizon de vérification des hypothèses de recherche. Ces résultats seront également discutés dans le but de les interpréter et de les comparer avec les résultats d'études antérieures.

La participation à l'étude initialement prévue était de 93 participants, tel que décrit dans le chapitre de la Méthodologie. Cependant, du fait de l'absence de certains apprenants à une ou toutes les étapes de l'expérimentation (le pré-test, les séquences d'enseignent-apprentissage, le post-test), il a fallu se limiter à un échantillon dans lequel chaque élément était présent à toutes les étapes de l'expérimentation. Enfin, un échantillon de 74 apprenants a été constitué, réparti comme suit :

Tableau 3 : Répartition de l'échantillon dans lequel chaque élément était présent à toutes les étapes de l'expérimentation

Groupe	Classe	Nombre d'apprenants	Démarche d'enseignement
Groupe témoin	A	27	Démarche inductiviste (démarche classique).
Groupe expérimental	B	26	Démarche didactique hypothético-déductive fait face à une situation-problème
	C	21	

4.1 Analyse des résultats relatifs au pré-test

On a effectué un pré-test avant les trois séquences d'enseignement-apprentissage pour vérifier que les apprenants du groupe expérimental et les apprenants du groupe témoin maîtrisaient au même degré les acquis précédents liés à l'élément « Énoncé du principe d'inertie ». Il était donc nécessaire de vérifier l'absence d'un lien significatif entre les variables **groupe d'apprenants** et **résultats du pré-test**. La vérification s'est déroulée comme suit :

D'abord, on doit effectuer le test de normalité des données obtenues dans le pré-test. Ce sont les tests de « Kolmogorov-Smirnova » et de « Shapiro-Wilk » qui permettent de vérifier si la distribution des résultats du pré-test est normale ou pas normale dans les deux groupes (Tableau 4)

Tableau 4 : Résultats des tests de la normalité des résultats du pré-test dans les deux groupes

Groupe	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistiques	ddl	Sig.	Statistiques	ddl	Sig.
Groupe témoin	,136	27	,200*	,941	27	,131
Groupe expérimental	,081	47	,200*	,970	47	,274

Puisque la taille de chaque groupe ne dépasse pas 50 apprenants, on choisit le test de Shapiro-Wilk qui affiche la valeur de signification $\boldsymbol{p = 0,131}$ pour les résultats du pré-test dans le groupe témoin et la valeur de signification $\boldsymbol{p = 0,274}$ pour les résultats du pré-test dans le groupe expérimental. On constate que chaque valeur de signification est supérieure à $\boldsymbol{0,05}$ (le seuil de signification), alors on accepte l'hypothèse nulle et on peut conclure que les résultats du pré-test suivent une loi normale dans les deux groupes. Ce qui amène à la mise en œuvre d'un test-t de Student pour échantillons indépendants (Tableau 5 et Tableau 6)

Tableau 5 : les résultats descriptifs du pré-test

Groupe	N	Moyenne	Écart type	Moyenne erreur standard
Groupe témoin	27	11,0119	2,23811	,43072
Groupe expérimental	47	10,5474	3,19245	,46567

Tableau 6 : Les résultats du test-t de Student pour échantillons indépendants du pré-test

	Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes						
	F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatéral)	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %	
								Inférieur	Supérieur
Hypothèse de variances égales	1,128	,292	,667	72	,507	,46441	,69655	-,92414	1,852954
Hypothèse de variances inégales			,732	69,011	,467	,46441	,63433	-,80104	1,729847

D'après le tableau 5, on constate que le groupe témoin a une moyenne légèrement supérieure à celle du groupe expérimental. Mais cela n'est pas suffisant pour indiquer si cette différence est significative statistiquement ou non. En se basant sur le tableau 6, on constate que le test-t de Student affiche la valeur de signification bilatérale $\boldsymbol{p = 0,507}$ qui est très supérieure à $\boldsymbol{0,05}$ (le

seuil de signification). Par conséquent, on accepte l'hypothèse nulle et conclue qu'il n'y a pas de différence significative statistiquement entre les deux groupes. Ainsi, on peut affirmer que les apprenants du groupe expérimental et les apprenants du groupe témoin maîtrisaient au même degré les acquis précédents liés à l'élément « Énoncé du principe d'inertie ».

4.2 Analyse des résultats relatifs au post-test

En ce qui concerne l'analyse des résultats liés au post-test, on va analyser d'abord les résultats en général, afin de vérifier les hypothèses de la recherche (**analyse générale**), puis on va consacrer un deuxième paragraphe pour se focaliser sur les réponses des deux groupes aux items qui visaient notamment à connaitre le degré de la persistance des conceptions initiales qui font l'objet de cette recherche (**analyse particulière**).

4.2.1 Analyse générale

On a effectué un post-test une semaine après la fin du traitement expérimental pour vérifier les deux hypothèses de la recherche :

- **Hypothèse nulle (H_0) :** L'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, a le même effet que la démarche inductiviste (démarche classique), sur le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques.

- **Hypothèse alternative (H_1) :** L'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, a un effet positif, par rapport à la démarche inductiviste (démarche classique), sur le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques.

Il était donc nécessaire de vérifier la présence d'un lien significatif entre les variables **démarche d'enseignement** et **résultats du post-test**. La vérification s'est déroulée comme suit :

D'abord, on doit effectuer le test de normalité des données obtenues dans le post-test. Comme précédemment, le test de Shapiro-Wilk, qui permet de vérifier si la distribution des résultats du post-test est normale ou pas normale dans les deux groupes (Tableau 7)

Tableau 7 : Résultats des tests de la normalité des résultats du post-test dans les deux groupes

Groupe	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistiques	ddl	Sig.	Statistiques	ddl	Sig.
Groupe témoin	,136	27	,200*	,965	27	,475
Groupe expérimental	,107	47	,200*	,946	47	,031

Le test de Shapiro-Wilk affiche la valeur de signification $\boldsymbol{p = 0,475}$ pour les résultats du post-test dans le groupe témoin et la valeur de signification $\boldsymbol{p = 0,031}$ pour les résultats du post-test dans le groupe expérimental. On constate que cette dernière valeur de signification est inférieure à $\mathbf{0,05}$ (le seuil de signification). Alors on rejette l'hypothèse nulle et on peut conclure que les résultats du post-test ne suivent pas une loi normale dans le groupe expérimental. Ce qui amène à la mise en œuvre d'un test U de Mann-Whitney (Tableau 8)

Tableau 8 : Les résultats du test U de Mann-Whitney du post-test

Groupe	Groupe témoin	Groupe expérimental
N	27	47
Rang moyen	28,63	42,60
Somme des rangs	773,00	2002,00
U de Mann-Whitney	874,000	
W de Wilcoxon	2002,000	
Statistiques de test	874,000	
Erreur standard	88,934	
Statistiques de test standardisées	2,693	
Sig. asymptotique (test bilatéral)	,007	

D'après le tableau 8, on constate que le test U de Mann-Whitney affiche la valeur de signification bilatérale $\boldsymbol{p = 0,007}$ qui est inférieure à $\mathbf{0,05}$ (le seuil de signification). Par conséquent, on rejette l'hypothèse nulle et conclue qu'il y a une différence significative statistiquement entre les deux groupes au niveau du rang moyen des notes, en faveur du groupe expérimental, car le rang moyen des notes ($\mathbf{42,60}$) du groupe expérimental est supérieure à celui ($\mathbf{28,63}$) du groupe témoin. Ainsi, on peut affirmer que l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, a un effet positif, par rapport à la démarche inductiviste (démarche classique), sur le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique), en Sciences Physiques.

4.2.2 Analyse particulière

Certaines des items du post-test visaient en particulier à connaitre le degré de la persistance des conceptions initiales qui font l'objet de cette recherche : Adhérence force-vitesse et la force capitalisée[22]. Le tableau suivant montre le pourcentage de réponses erronées qui reflètent ces deux conceptions chez les apprenants des deux groupes dans le post-test.

Tableau 9 : Pourcentage de réponses erronées qui reflètent les conceptions : Adhérence force-vitesse et Force capitalisée

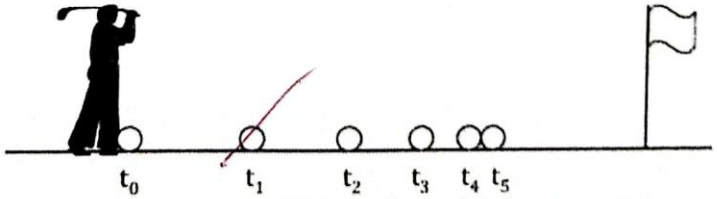
Exercice	Item	Préconception visée	Pourcentage de son apparition dans les réponses des apprenants du groupe	
			Témoin	Expérimental
1	1-a	Adhérence force-vitesse	30%	13%
	1-c		11%	19%
	2		22%	15%
2	3		37%	6%
	4		56%	26%
3	4	Force capitalisée	30%	6%

D’après le tableau 9, on constate que le pourcentage d'apparition de la conception « Adhérence force-vitesse » dans les réponses des apprenants du groupe témoin est supérieur au pourcentage de son apparition dans les réponses des apprenants du groupe expérimental. Parallèlement, on constate que le pourcentage d'apparition de la conception « Force capitalisée » dans les réponses des apprenants du groupe témoin est supérieur au pourcentage de son apparition dans les réponses des apprenants du groupe expérimental. En effet, **30%** des apprenants du groupe témoin ont mentionné ou représenté une force de poussée agissant sur la balle après l'impact (comme les deux réponses montrées dans les figures 3 et 4). Alors que la même conception n’apparaissait qu’à **6%** des réponses des apprenants du groupe expérimental (comme la réponse montrée dans la figure 5).

[22] Voir la section : 2.1.3 - conceptions initiales liées au principe d’inertie

Exercice n°3 : (3,2)

Voici la copie d'une photographie prise par un journaliste sportif pendant un tournoi de golf :



Le golfeur a manqué son coup. Aide-le à comprendre pourquoi la balle s'est arrêtée juste avant le trou.

1. Examine le schéma et déduis-en la nature du mouvement de la balle de golf. (0,8)
   ☒ Retardé ☐ Uniforme ☐ Accéléré ☐ Je ne sais pas
2. Comment varie la vitesse de la balle ? (0,8)
   ☒ Diminue ☐ Reste constante ☐ Augmente ☐ Je ne sais pas
3. La résultante des forces qui s'exercent sur la balle est nulle ($\sum \vec{F} = \vec{0}$)? Justifier ta réponse. (0)
   ☐ Oui ☐ Non ☒ Je ne sais pas.

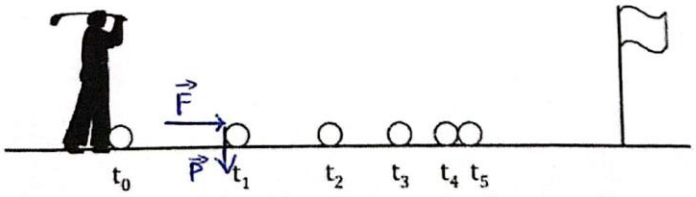
Justification : .....

4. Pour **l'instant t_1**. Quelles sont les forces qui s'appliquent sur la balle de golf ? Représente-les sur le schéma ci-dessus.
   - P = poids de balle
   - R = la force exercée par la terre sur la balle
   - F = la force exercée par le bâton sur la balle

Figure 3 : Exemple 1 d'une production d'apprenant pour la question n°4 de l'exercice n°3 du post-test

Exercice n°3 : (1,6) (4,0)

Voici la copie d'une photographie prise par un journaliste sportif pendant un tournoi de golf :



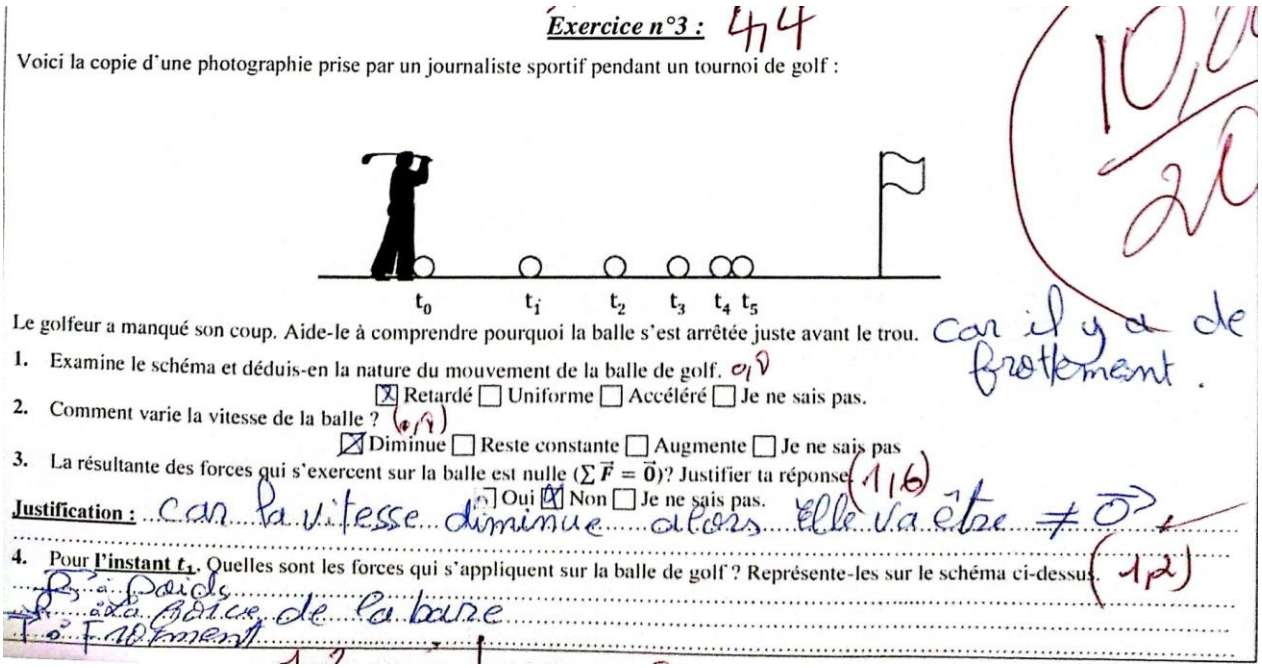
Le golfeur a manqué son coup. Aide-le à comprendre pourquoi la balle s'est arrêtée juste avant le trou.

1. Examine le schéma et déduis-en la nature du mouvement de la balle de golf. (0,8)
   ☒ Retardé ☐ Uniforme ☐ Accéléré ☐ Je ne sais pas.
2. Comment varie la vitesse de la balle ? (0,8)
   ☒ Diminue ☐ Reste constante ☐ Augmente ☐ Je ne sais pas
3. La résultante des forces qui s'exercent sur la balle est nulle ($\sum \vec{F} = \vec{0}$)? Justifier ta réponse. (1,6)
   ☐ Oui ☒ Non ☐ Je ne sais pas.

Justification : car la nature du mouvement est retardé et sa vitesse diminue

4. Pour **l'instant t_1**. Quelles sont les forces qui s'appliquent sur la balle de golf ? Représente-les sur le schéma ci-dessus.
   - Le poids du balle ($\vec{P}$)
   - La force exercée de golfeur sur la balle ($\vec{F}$)

Figure 4 : Exemple 2 d'une production d'apprenant pour la question n°4 de l'exercice n°3 du post-test



Exercice n°3 : 4,4

Voici la copie d'une photographie prise par un journaliste sportif pendant un tournoi de golf :

t_0 t_1 t_2 t_3 t_4 t_5

Le golfeur a manqué son coup. Aide-le à comprendre pourquoi la balle s'est arrêtée juste avant le trou. car il y a de frottement.

1. Examine le schéma et déduis-en la nature du mouvement de la balle de golf. 0,8
   ☒ Retardé ☐ Uniforme ☐ Accéléré ☐ Je ne sais pas.
2. Comment varie la vitesse de la balle ? (0,8)
   ☒ Diminue ☐ Reste constante ☐ Augmente ☐ Je ne sais pas
3. La résultante des forces qui s'exercent sur la balle est nulle ($\sum \vec{F} = \vec{0}$)? Justifier ta réponse. (1,6)
   ☐ Oui ☒ Non ☐ Je ne sais pas.

Justification : car la vitesse diminue alors elle va être $\neq \vec{0}$

4. Pour **l'instant t_1**. Quelles sont les forces qui s'appliquent sur la balle de golf ? Représente-les sur le schéma ci-dessus. (1,2)
   $\vec{F}$: poids
   $\vec{F}$: la force de la barre
   $\vec{F}$: Froment

Figure 5 : Exemple 3 d'une production d'apprenant pour la question n°4 de l'exercice n°3 du post-test

4.3 Discussion des résultats

Les résultats statistiques inférentiels dans le post-test des deux groupes expérimental et témoin ont indiqué, selon la variable de la démarche didactique, que le rendement scolaire du groupe expérimental qui a reçu un enseignement basé sur une démarche didactique hypothético-déductive fait face à une situation-problème, était meilleur que le rendement scolaire du groupe témoin qui a reçu un enseignement basé sur une démarche inductiviste (classique). Cela peut être attribué à un certain nombre de raisons, qui peuvent être résumés comme suit :

- **La prise en compte des conceptions initiales des apprenants** : Les apprenants du groupe expérimental ont reçu un enseignement qui a pris en compte leurs conceptions initiales liées à la relation entre la force et le mouvement. En effet, la situation-problème qui leur était posé au début de la séquence d'enseignement-apprentissage s'est organisée autour du franchissement des obstacles correspondant aux conceptions initiales erronés liées à la relation entre la force et le mouvement. Ainsi, cette situation-problème l'a incité à formuler des hypothèses qui les obligent à faire émerger leurs conceptions initiales. Après avoir démontré l'incohérence de leurs conceptions initiales avec les faits empiriques, les apprenants ont vécu un conflit cognitif qui l'amener à modifier leur système explicatif pour qu'il devienne compatible au principe d'inertie. Contrairement aux apprenants du groupe

témoin, qui ont reçu un enseignement qui ne tenait pas compte de leurs conceptions initiales.

- **Donner du sens aux apprentissages et motiver les apprenants** : les apprenants du groupe témoin ont reçu un enseignement qui leur a montré un mobile sur coussin d'air qui ne présente pour eux aucun lien avec leur vie courante. Ce qui peut les amener à poser la question : « À quoi sert d'étudier le mouvement du mobile autoporteur ? ». Cela peut la principale raison pour laquelle la démarche inductiviste (classique) ne peut être motivante pour les apprenants et n'a aucun sens. Contrairement aux apprenants du groupe expérimental qui ont reçu un enseignement qui a commencé par une situation-problème dérivée de leur vie réelle, qui a augmenté leur intérêt, leur attention et leur motivation pour l'apprentissage. La nécessité que l'apprentissage soit significatif et stimulant est l'une des choses les plus importantes que de nombreuses études ont confirmées (Robardet, 1990) (Astolfi, Placer les élèves en situation-problème?, 1993).

- **La participation active des apprenants** : les apprenants du groupe expérimental ont reçu un enseignement favorisant leur implication dans leurs apprentissages, ce qui développe chez eux l'autonomie. En effet, les apprenants ont interagi avec le professeur et entre eux. Ils ont également émis leurs hypothèses et essayé de concevoir des expériences qui peuvent prouver leur validité. Ainsi, ils ont été l'élément central dans le processus de construction de nouvelles connaissances. Contrairement aux apprenants du groupe témoin, qui ont reçu un enseignement de type passif, ils étaient souvent en situation de spectateur, ce qui a limité leur activité. L'appel à l'apprentissage actif pour donner davantage d'autonomie aux apprenants est l'un des appels les plus importants aux travaux didactiques qui ont critiqué l'inclusion des activités expérimentales dans un raisonnement inductif. (de Hosson, Mathé, & Méheut, 2008)

D'une part, le résultat de la recherche actuelle est cohérent avec ceux des études (Abou Qamar, 1996) (Ayesh, 2009) (Abdi, 2014) (Aktamış, Hiğde, & Özden, 2016) (Droui & El Hajjami, 2015), où les résultats de ces études ont confirmé que l'utilisation des démarches didactiques constructivistes fondées sur une épistémologie hypothético-déductive, ont un effet positif, par rapport aux démarches traditionnelles, sur le rendement scolaire des apprenants.

D’autre part, le résultat de la recherche actuelle différait de la conclusion de la recherche (Al Mushrif, 1993) concernant le fait que la démarche d’investigation n’était pas efficace pour développer les niveaux cognitifs moins élevés (mémorisation, compréhension, application). Il différait également avec le résultat de l’étude (Maxwell, Lambeth, & Cox, 2015) en l’absence de différences statistiquement significatives entre les apprenants qui ont reçu un enseignement fondé sur l’investigation et les apprenants qui ont reçu un enseignement traditionnel, au niveau du rendement scolaire.

CONCLUSION

Comme décrit dans le premier chapitre de cette recherche, les élèves marocains souffrent d'une carence de connaissances et de compétences de base en sciences. Parmi les facteurs qui peuvent influencer les acquis des apprenants, on trouve les pratiques enseignantes représentés dans l'adoption continue de méthodes passives, comme la démarche inductiviste, dans l'enseignement des sciences. Cependant, la majorité des recherches en didactique des sciences critiquent fortement cette démarche, notamment, pour ne pas prendre en compte les conceptions initiales des apprenants. Partant de ce constat, Il est devenu nécessaire d'adopter des méthodes constructivistes actives, telles que l'adoption de situations-problèmes qui peut créer chez l'apprenant un conflit cognitif qui se termine par le changement du système explicatif de l'apprenant. Dans l'enseignement basé sur les situations-problèmes, c'est l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive qui semble être convenable face à une situation problème, au cours de laquelle l'apprenant formule ses hypothèses et tente de les vérifier par l'expérience. Dans ce contexte, la recherche actuelle a tenté d'identifier l'effet de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème sur le rendement scolaire des apprenants du secondaire qualifiant (cas du tronc commun technologique) en sciences physiques.

Pour ce faire, on a préparé un post-test qui mesure le rendement scolaire des apprenants, afin de l'appliquer à un échantillon de 93 apprenants divisés en deux groupes : le groupe expérimental qui a reçu un enseignement fondé sur l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive fait face à une situation-problème et le groupe de contrôle qui a reçu un enseignement inductiviste.

Les résultats statistiques inférentiels de la présente étude ont montré qu'il y a une différence significative statistiquement entre les deux groupes au niveau du rendement scolaire, en faveur du groupe expérimental. Ce que l'on peut en conclure, c'est que l'enseignement fondé sur une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème, a un effet positif, par rapport à l'enseignement classique, sur le rendement scolaire des apprenants.

À la lumière des résultats obtenus dans cette recherche, les recommandations suivantes peuvent être suggérées :

- Lorsqu'il s'agit de changer les conceptions initiales des apprenants, il convient d'éviter l'utilisation de la démarche inductiviste dans l'enseignement des sciences et la remplacer par une démarche didactique hypothético-déductive, où l'apprentissage ne part pas d'expériences mais celles-ci seront utilisées par l'apprenant pour vérifier ses hypothèses.

- La nécessité de la prise en compte des conceptions initiales des apprenants dans l'enseignement des sciences et ne pas les ignorer.

- Utiliser des situations-problèmes dans l'enseignement des sciences qui peuvent aider l'apprenant à changer ses conceptions initiales erronées.

- Organiser des formations pour les enseignants afin de les former à l'utilisation de démarches didactiques axées sur l'activité intellectuelle et l'autonomie de l'apprenant dans l'acquisition des connaissances.

Cette recherche, bien que produisant des résultats significatifs, présente certaines limites. D'abord, l'étude s'est limitée à un échantillon d'apprenants du tronc commun technologique appartenant au même établissement scolaire. Il s'est également concentré sur l'enseignement des sciences physiques. Ainsi, les résultats issus de cette recherche ne peuvent pas être généralisés. Ensuite, la recherche s'est limitée à traiter le rendement scolaire en tant que variable dépendante. Par conséquent, il convient de faire preuve de prudence dans l'adoption de ces résultats et leur généralisation autour d'autres variables dépendantes, telles que : la rétention du savoir chez les apprenants, leurs attitudes envers les sciences, etc. De plus, la transformation des conceptions initiales des apprenants en systèmes d'explications conformes aux connaissances scientifiques, peut prendre plus de temps que ce qui a été accordée aux sujets de cette étude. On peut donc penser que les résultats de cette recherche ne traduisent pas des changements complets ou durables.

À la lumière des limites ci-dessus, on propose de mener d'autres études pour examiner l'effet de l'utilisation d'une démarche didactique hypothético-déductive à travers une situation-problème sur des variables autres que celles décrites dans cette étude, à différents niveaux scolaires, dans d'autres établissements scolaires et dans différentes régions.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdi, A. (2014). The Effect of Inquiry-based Learning Method on Students' Academic Achievement in Science Course. *Universal Journal of Educational Research, 2*(1), pp. 37-41.

Abou Qamar, B. M. (1996). *L'impact de l'utilisation de la méthode de l'investigation guidée sur le rendement scolaire des élèves de la huitième année et leurs attitudes envers les sciences.* Université nationale An-Najah. Faculté de l'éducation.

Aktamış, H., Hiğde, E., & Özden, B. (2016). Effects of the Inquiry-Based Learning Method on Students' Achievement, Science Process Skills and Attitudes towards Science: A Meta-Analysis Science. *Journal of Turkish Science Education, 13*(4), pp. 248-261.

Al Mushrif, A. A. (1993). *l'impact de l'enseignement fondé sur l'investigation sur le rendement scolaire et la pensée créative des élèves de la première année secondaire en biologie.* Université du Roi-Saoud. Faculté de l'éducation.

Alfin, M. B., Hidayati, Y., Hadi, W. P., & Rosidi, D. I. (2019). Analisis kemampuan berpikir kritis siswa terhadap pembelajaran hypothetico-deductive reasoning dalam learning cycle 7e. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 4*(2), pp. 75-81.

Amossé, G., & Labédie, G. (2001). *CONSTRUCTIVISME ou SOCIO-CONSTRUCTIVISME ?* Consulté le Août 03, 2022, sur Création et Apprentissage: http://gamosse.free.fr/socio-construct/Rp70110.htm

Apostolou, A., & Koulaidis, V. (2010). Epistemology and Science Education: A Study of Epistemological Views of Teachers. *Research in Science & Technological Education*, pp. 149-166.

Aristote. (2002). *La physique.* (A. Stevens, Trad.) Paris: Librairie Philosophique Vrin.

Artigue, M. (1991). Épistémologie et didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, pp. 279-283.

Astolfi, J.-P. (1993). *Placer les élèves en situation-problème?* INRP.

Astolfi, J.-P. (2010). *L'école pour apprendre.* ESF.

Astolfi, J.-P., & Develay, M. (1989). *La Didactique des sciences.* Paris: Presses Universitaires de France.

Astolfi, J.-P., Peterfalvi, B., & Vérin, A. (2006). *Comment les enfants apprennent les sciences?* Paris: Retz.

Ayesh, K. M. (2009). *L'impact de la méthode des activités d'investigation sur la compréhension des concepts de la physique par les élèves de neuvième année et leurs croyances cognitives envers la science.* Université al-Qods . Faculté des sciences de l'éducation.

Bachelard, G. (1993). *La formation de l'esprit scientifique.* Paris: Librairie philosophique J. Vrin.

Barnier, G. (2008). *Théories de l'apprentissage et pratiques d'enseignement.* Consulté le Août 3, 2022, sur formations: http://www.formations.philippeclauzard.com/Theories_apprentissage.pdf

Barthélémy, G. (1992). *Newton mécanicien du cosmos.* Librairie Philosophique Vrin.

Ben Jemaa, A., & Boilevin, J.-M. (2016). *Impact de la démarche d'investigation par simulation des ondes mécaniques sur le raisonnement des élèves.* Consulté le Août 24, 2022, sur Archive ouverte HAL: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02531686/document

Bense, G. K. (2016). *La communauté professionnelle d'apprentissage: une stratégie pour améliorer la qualité de l'enseignement en Afrique.* L'Harmattan.

Boilevin, J.-M. (2005). Enseigner la physique par situation problème ou par problème ouvert. *Aster*(40), pp. 13-37.

Briguette, Y. D. (2012). *La Taille des classes et la qualité des procédures pédagogiques dans l'enseignement primaire centrafricain : théorie et pratique.* Publibook.

Brossard, M. (2005). *Vygotski: Lectures et perspectives de recherches en éducation.* Villeneuve-d'Ascq: Presses Universitaires du Septentrion.

Charnay, R., & Mante, M. (2011). *Mathématiques - Epreuve orale d'admission Concours de professeur des écoles.* Hatier.

Chevrollier, C. (2016). *Les théories de l'apprentissage, les courants pédagogiques.* Consulté le Août 5, 2022, sur IFSI Dijon: http://www.ifsidijon.info/v2/wp-content/uploads/2016/02/2016-Les-courants-pedagogiques.ter_.pdf

Ciechalski, J., & Locke, D. (1995). *Psychological Techniques for Teachers.* Taylor & Francis.

Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, pp. 66-71.

Clément, P. (1998). la biologie et sa didactique, dix ans de recherche. *Aster*, pp. 57-93.

Clément, P., Giordan, A., & Girault, Y. (1994). *Conceptions et connaissances.* Berne: Peter Lang.

Colet, N. R., & Romainville, M. (2006). *La pratique enseignante en mutation à l'université.* De Boeck Supérieur.

Compère, D., Verhaeghe, J.-C., & Wolfs, J.-L. (2004). *Pratiquer l'épistémologie: Un manuel d'initiation pour les maîtres et formateurs.* De Boeck Supérieur.

Copleston, F. (1953). *History of Philosophy : Ockham to Suarez* (Vol. III). Paulist Press.

Copleston, F. (2003). *A History of Philosophy : Greece and Rome* (Vol. I). Continuum International Publishing Group.

CSEFRS. (2017). *Programme National d'Évaluation des Acquis des élèves du tronc commun 2016 PNEA 2016).* Conseil Supérieur de l'Education, de la Formation et de la Recherche Scientifique.

CSEFRS. (2018). *Résultats des élèves marocains en mathématiques et en sciences dans un contexte international TIMSS 2015.* Conseil Supérieur de l'Education, de la Formation et de la Recherche Scientifique.

CSEFRS. (2021a). *Rapport National PISA 2018.* Conseil Supérieur de l'Education, de la Formation et de la Recherche Scientifique.

CSEFRS. (2021b). *Programme National d'Évaluation des Acquis des élèves de la 6ème année primaire et 3ème année secondaire collégial PNEA 2019.* Conseil Supérieur de l'Education, de la Formation et de la Recherche Scientifique.

Danic, I. (2006, Décembre). La notion de représentation pour les sociologues. Premier aperçu. *Espaces et sociétés*(25), pp. 29-32.

de Hosson, C., Mathé, S., & Méheut, M. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux ? *Didaskalia*, pp. 41-76.

De Landsheere, G. (1992). *Dictionnaire de l'évaluation et de la recherche en éducation.* Presses Universitaires de France - PUF.

De Vecchi, G., & Carmona-Magnaldi, N. (1996). *Faire construire des savoirs.* Paris: Hachette Education.

De Vecchi, G., & Giordan, A. (1987). *Les origines du savoir: des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques.* Paris: Delachaux et Niestlé.

De Vecchi, G., & Giordan, A. (2002). *L'enseignement scientifique: comment faire pour que "ça marche"?* Paris: Delagrave.

Dépelteau, F. (2010). *La démarche d'une recherche en sciences humaines: de la question de départ à la communication des résultats.* Boeck Supérieur.

Désautels, J., Larochelle, M., Gagné, B., & Ruel, F. (1993, Septembre). La formation à l'enseignement des sciences : le virage épistémologique. *Didaskalia*, pp. 49-67.

Descartes , R. (2019). *Les Principes de la philosophie.* Arvensa Editions.

Develay, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement: pour une épistémologie scolaire.* Paris: ESF Editeur.

Dijksterhuis, E. J. (1986). *The Mechanization of the World Picture: Pythagoras to Newton.* Princeton University Press.

Droui, M., & El Hajjami, A. (2015). *Simulation et apprentissage par investigation.* Consulté le Août 24, 2022, sur Université Sidi Mohamed Ben Abdellah - Ecole Superieure de Technologie Fès: http://www.est-usmba.ac.ma/conferences/apel2015/proceeding/docs/E15C08.pdf

Duhem, P. (1997). *Le système du monde : Histoire des doctrines cosmologiques de platon a copernic* (Vol. VIII). Hermann.

Dupin, J.-J., & Johsua, S. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques.* Puf.

Enderstein, L., & Spargo, P. (1996). Beliefs regarding force and motion: a longitudinal and cross-cultural study of south african school pupils. *International Journal of Science Education*, pp. 479-492.

Forman, G. (1980). Piaget's constructivist theory. Dans R. Corsini, & G. M. Gazda, *Theories of Learning: A Comparative Approach.* F. E. Peacock.

Frautschi, S., Olenick, R., Apostol, T., & Goodstein, D. (2010). *The Mechanical Universe : Mechanics and Heat.* Cambridge University Press.

Gamo, S. (2001). *Resolution de problemes cycle 3.* Bordas.

Giordan , A., & Girault, Y. (1994). Utilisation des conceptions en didactique des sciences. Dans A. Giordan, Y. Girault, & P. Clement, *Conceptions Et Connaissances* (pp. 47-70). Peter Lang.

Giordan, A. (1996, Février 01). Les conceptions de l'apprenant : un tremplin pour l'apprentissage. *Sciences humaines*, pp. 48-50.

Giordan, A., & Girault, Y. (1994, Septembre). *Les Aspects qualitatifs de l'enseignement des sciences dans les pays francophones.* Consulté le Août 3, 2022, sur Institut International de Planification de l'Education: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000099181/PDF/99181fre.pdf.multi

Giordan, A., Eastes, R.-E., & Pellaud, F. (2004, Mai). Des modèles pour comprendre l'apprendre : de l'empirisme au modèle allostérique. *Gymnasium Helveticum*, pp. 10-14.

Guillaud, J.-C., & Robardet, G. (1997). *ELEMENTS DE DIDACTIQUE DES SCIENCES PHYSIQUES. De la recherche à la pratique, théories, modèles, conceptions et raisonnement spontané.* Paris: Presses universitaires de France.

Gunstone, R. (1987). Student understanding in mechanics: a large population survey. *American Journal of Physics*, pp. 691-695.

Johsua, S. (1985). Contribution à la délimitation du contraint et du possible dans l'enseignement de la physique (essai de didactique expérimentale). *Thèse*.

Johsua, S. (1989). Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire. *Aster* , pp. 29-53.

Johsua, S., & Dupin, J.-J. (1986, Avril). L'électrocinétique du collège à l'université. *bulletin de l'union des physiciens*(683), pp. 779-800.

Kabbaja, Z. M. (2014). l'impact de l'utilisation de la stratégie de l'investigation réflexive sur l'acquisition des concepts de la physique et le développement des attitudes scientifiques chez les élèves de la sixième année en Palestine. *Psychological & Educational Studies*, pp. 203-218.

Kouhila, M., & Maarouf, A. (2001). Approche épistémologique et didactique des fonctions de l'expérience dans la physique savante et scolaire. *Research Academica*, pp. 9-38.

Lecourt, D., & Bourgeois, T. (2006). *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences.* Presses Universitaires de France - PUF.

Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 331-359.

Levine , L., & Munsch, J. (2014). *Child Development: An Active Learning Approach.* Sage.

Maarouf, A., & Kouhila, M. (2001). La dynamique élémentaire dans l'enseignement fondamental marocain : analyse des difficultés d'apprentissage de la notion de force. *Didaskalia*, 41-59.

Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière: des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques.* Peter Lang.

Maxwell, D., Lambeth, D., & Cox, J. T. (2015). Effects of using inquiry-based learning on science achievement for fifth-grade students. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 16*(1).

McCloskey, M. (1983, Juin). L'intuition en physique. *Pourla science*(68), 68-76.

Meirieu, P. (2017). *Apprendre ... oui, mais comment.* Esf.

Merleau-Ponty, J. (1987). *Leçons sur la genèse des théories physiques.* Vrin.

Migne, J. (1970, Décembre 01). Pédagogie et représentations. *Education permanente*, pp. 65-87.

Mildenhall, P., & Williams, J. (2001). Instability in students' use of intuitive and Newtonian models to predict motion: the critical effect of the parameters involved. *International Journal of Science Education*, pp. 643-660.

Ministère de l'Éducation nationale. (2000). *Étude historique de l'évolution des disciplines scientifiques dans le système éducatif marocain (document en arabe).* Rabat: Direction de l'évaluation du système éducatif, résultats des études.

Ministère de l'Education Nationale. (2007, Novembre). Les instructions pédagogiques et les programmes concernant l'enseignement des sciences physiques au lycée. Rabat, Maroc: Direction des curricula.

Ministère de l'Education Nationale. (2015, Mars). Les instructions pédagogiques et les programmes concernant l'enseignement des sciences physiques au collège. Rabat, Maroc: Direction des curricula.

Mullis, I., Martin, M., Foy, P., Kelly, D., & Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 international results in mathematics and science.* Chestnut Hill: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education and Human Development, Boston College and International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).

Nagel, M. (2013). Student learning. Dans R. Churchill, P. Ferguson, S. Godinho, N. Johnson, A. Keddie, W. Letts, . . . V. Melissa, *Teaching: Making a difference* (pp. 74-88). Wiley.

National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards.* The National Academies Press.

Paquay, L., Carlier , G., Collès, L., & Huynen, A.-M. (2002). *L'évaluation des compétences chez l'apprenant: Pratiques, méthodes et fondements.* Presses universitaires de Louvain.

Pérez, G. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las ciencias,* pp. 69-77.

Popper, K., & Lorenz, K. (1990). *L'avenir est ouvert.* Flammarion.

Principe, L. (2011). *The Scientific Revolution : A Very Short Introduction.* OUP Oxford.

Robardet, G. (1990, janvier). Enseigner les sciences physiques à partir de situations - problèmes. *bulletin de l'union des physiciens, 84*(720), pp. 17-28.

Robert, A., & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques: une double approche. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 505-528.

Roux, S. (2007). *La fonction des expériences. Cours d'épistémologie des sciences physiques.* Consulté le Mars 2, 2018, sur http://disoauma.free.fr/L1_05_ep_4_pdf

Russell, B. (2004). *History of Western Philosophy*. London: Routledge.

Thouin, M. (1985). Les représentations de concepts en sciences physiques chez les jeunes. *Revue des sciences de l'éducation*, pp. 247-258.

Thouin, M. (2014). *Réaliser une recherche en didactique.* MultiMondes.

Verhagen, H. (2010). *Démarche hypothético-déductive : étude comparative des travaux pratiques de physique au Gymnase d'Yverdon.* Haute école pédagogique du canton de Vaud.

Vienneau, R. (2011). *Apprentissage et enseignement - Théories pratiques.* Gaëtan Morin.

Viennot, L. (1978). Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. *Revue française de pédagogie*, pp. 16-24.

Vygotski, L. ((1933, traduit en 1985)). *Pensée et langage.* (F. Sève, Trad.) Paris: Les Éditions sociales.

Wade, C., & Tavris, C. (1999). *Introduction à la psychologie.* De Boeck.

Watts, M. (1983). A study of schoolchildren's alternative frameworks of the concept of force. *European Journal of Science Education*, 217-230.

Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science education*, pp. 112-143.

Winter, T. N. (2007, May 16). *The Mechanical Problems in the Corpus of Aristotle.* Consulté le Août 2, 2022, sur UNIVERSITY of NEBRASKA–LINCOLN: https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1067&context=classicsfacpub

ANNEXES

Annexe I : Approche historique du principe d'inertie

La compréhension de la relation entre le mouvement et la force par les humains est passée par de nombreuses étapes, jusqu'à la théorie classique de Newton. À un moment donné, c'était la théorie d'Aristote qui était dominante. Mais son incapacité à convaincre ceux qui venaient après lui, à partir du Moyen Âge, de l'exhaustivité de son interprétation, les a conduits à formuler une nouvelle théorie qui tentait d'expliquer ce que la théorie d'Aristote ne pouvait pas expliquer. Il en fut ainsi jusqu'à ce que Newton vienne, pour présenter l'un des principes les plus importants de la physique, qui présente une vision qui peut sembler déraisonnable à l'homme ordinaire, c'est le principe d'inertie.

Dans ce qui suit, on va tenter de faire un voyage assez rapide avec les compréhensions humaines les plus importantes sur la relation entre le mouvement et la force.

La conception aristotélicienne du mouvement

Selon Aristote (384–322 av. J.-C.), l'univers se compose de deux régions distinctes, qui diffèrent à la fois dans leur composition matérielle et dans leurs principes de mouvement :

- Le monde « supralunaire » : il inclut la lune et tous les corps célestes qui existent au-dessus d'elle. C'est un monde parfait et immuable qui est formé d'un élément, éternel, appelé « éther » ou « quintessence ». Le mouvement naturel des constituants de ce monde (Lune, Soleil, planètes, Etoiles) est le mouvement circulaire. (Russell, 2004)

- Le monde « sublunaire » : Il est situé sous la lune et se compose de quatre éléments : la terre, l'eau, l'air et le feu. (Russell, 2004) Dans ce monde, il y a deux types de mouvement possibles :

    - Le mouvement naturel : chacun des quatre éléments a un lieu naturel, lieu vers lequel l'élément tend à se diriger lorsqu'il est laissé à lui-même. Le lieu des éléments légers (l'air et le feu) est le haut, tandis que le lieu naturel des éléments lourds (la terre et l'eau) est le bas (Russell, 2004). Ainsi, lorsqu'un objet lourd (une pierre par exemple) relâché, il tend à retomber en ligne droite vers le sol.

- Le mouvement forcé : C'est le mouvement du corps lorsqu'il s'éloigne de sa place naturelle, à cause d'une force qui l'y oblige. Ce type de mouvement est régi par deux hypothèses : premièrement, « *Il est nécessaire que tout ce qui mû soit mû par quelque chose* » (Aristote, 2002), et deuxièmement, le corps mobile et le corps moteur doivent être en contact. Ainsi, Aristote concluait clairement qu'un corps en mouvement s'arrête quand la force qui le pousse ne peut plus agir de façon à le pousser. (Winter, 2007)

À première vue, la théorie aristotélicienne semble complète. Mais comment peut-elle expliquer qu'un projectile continue de voler après qu'il n'est plus en contact avec le moteur (la main par exemple) qui l'a lancé ? Aristote expliquait ce fait par une action du milieu environnant (l'air) qui continue à déplacer le projectile (Copleston, 2003).

La théorie médiévale de l'impetus

La théorie aristotélicienne du mouvement est restée dominante tout au long du Moyen-Âge, bien que l'idée d'Aristote, selon laquelle le milieu (l'aire par exemple) aide le mouvement forcé à se poursuivre, a fait l'objet de critiques. La première critique est venue au VIe siècle d'un des commentateurs des travaux d'Aristote, appelé Jean Philopon (490 – 570 apr. J. -C.). Selon lui, l'air résisterait au mouvement d'un projectile et ne pourrait certainement pas la propulser. Ainsi il a modifié la théorie aristotélicienne pour inclure son idée : un projectile se déplace en raison d'une « une puissance motrice » qui lui est imprimée par le moteur (une main par exemple) (Copleston, 1953) et qui s'épuise au cours du mouvement, et une fois cet « puissance motrice » épuisé, le projectile prend son mouvement naturel et tombe.

Comme Jean Philopon, Buridan (1301 – 1358 apr. J. -C.) était particulièrement en désaccord avec l'explication d'Aristote du mouvement des projectiles. En effet, il a constaté quelques observations qui contredisent la théorie d'Aristote, parmi lesquelles on cite le mouvement d'une une toupie qui peut tourner sans changement de lieu. Par conséquent, l'air ambiant ne peut pas prendre la place de la toupie. Ainsi, il soutient que seule une force motrice interne, transmise du moteur au projectile, pourrait expliquer son mouvement continu, qu'il a nommée « impetus » :

> « Tandis que le moteur meut le mobile, il lui imprime un certain impetus, une certaine puissance capable de mouvoir ce mobile dans la direction même où le moteur meut le mobile, que ce soit vers le haut ou vers le bas, ou de côté ou circulairement. Plus grande est la vitesse avec laquelle

> le moteur meut le mobile, plus puissant est l'impetus qu'il imprime en lui. C'est cet impetus qui meut la pierre après que celui qui l'a lancée a cessé de la mouvoir ; mais par la résistance de l'air, et aussi par la pesanteur […] cet impetus s'affaiblit continuellement. » (Duhem, 1997)

La notion d'impetus s'est propagée jusqu'au 16ème siècle avec quelques philosophes médiévaux. Par exemple, Léonard de Vinci (1452-1519 apr. J. -C.) parlait encore d'impetus rectilignes et même circulaires :

> « Tout corps lancé avec force dans l'air poursuit le mouvement dans lequel il a été engagé ; donc si le corps est lâché au cours d'un mouvement circulaire, sa trajectoire restera courbe » (McCloskey, 1983)

Afin d'illustrer la théorie d'impetus, on présente le dessin ci-dessous dû à Walter Hermann Ryf (1500- 1548 apr. J. -C.), qui distinguait trois phases du mouvement d'un boulet de canon.

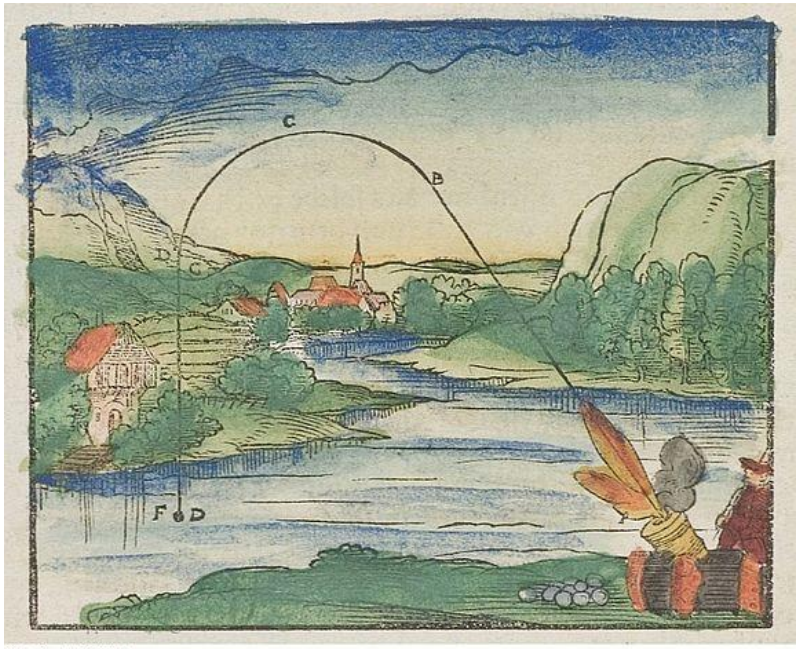


Figure 6 : Illustration de la théorie de l'impetus

Première phase (AB) : l'impetus fourni par le canon prévaut sur le poids naturel du projectile qui s'élève en ligne droite ;

Deuxième phase (BC) : l'impetus s'épuise progressivement et le poids incurve la trajectoire vers le bas ;

Troisième phase (CD) : l'impetus issu du canon est épuisé et le projectile retombe à la verticale.

La notion d'inertie

Les théories précédemment citées, qu'elle s'agisse de la conception aristotélicienne ou de la conception médiévale du mouvement, reposent implicitement sur la croyance fondamentale selon laquelle un corps terrestre résiste continuellement au changement de son état de repos. En d'autres termes, les corps ont une tendance à rester au repos, puisque ce dernier était un état naturel qui n'avait pas besoin d'être expliqué. Johannes Kepler (1571-1630 apr. J. -C.) a appelé cette tendance, pour la première fois dans l'histoire, le nom de « l'inertie » (L'inertie vient du mot latin, « ***iners*** », qui signifie oisif ou paresseux). (Lecourt & Bourgeois, 2006)

Cependant, René Descartes (1596 – 1650 apr. J. -C.) ne s'est pas limité au fait que le repos est le seul mouvement naturel des corps terrestres, mais a également vu dans le mouvement rectiligne uniforme un mouvement naturel. C'est-à-dire qu'un corps qui se déplace dans un mouvement rectiligne uniforme a également tendance à rester dans cet état à moins qu'il ne soit modifié et forcé par un autre corps. Cela semble clair à la lecture de ses deux premières lois de la nature :

- La première loi stipule que « *chaque chose demeure en l'état qu'elle est pendant que rien ne le change* » (Descartes , 2019). Par conséquent, un corps en état de repos ne peut jamais commencer à se mouvoir, et un corps en état de mouvement ne peut jamais s'arrêter de bouger tout seul.

- La seconde loi affirme que « *tout corps qui se meut tend à continuer son mouvement en ligne droite* » (Descartes , 2019).

Ainsi, on peut dire que « l'inertie », selon Descartes, résiste aux changements, non seulement à partir du repos, mais aussi d'un mouvement à vitesse constante dans une ligne droite.

Parallèlement, Galilée (1564 – 1642 apr. J. -C.) a dit que si une balle qui roule vers le bas sur une surface incliné, sa vitesse augmente, et qu'une balle qui roule vers le haut sur une surface inclinée, sa vitesse diminue. Alors une balle qui roule sur une surface plane - ni vers le haut ni vers le bas - maintiendra une vitesse constante (Principe, 2011):

> « J'imagine qu'un mobile a été lancé sur un plan horizontal d'où l'on a écarté tout obstacle ; il est certain, d'après ce qu'on a dit par ailleurs plus longuement, que son mouvement se poursuivra uniformément et éternellement sur ce même plan, pourvu qu'on le prolonge à l'infini ».
> (Merleau-Ponty, 1987)

On constate que Galilée n'a donné qu'une formulation limitée de ce qu'on appellera plus tard le principe d'inertie. De plus, tous ses arguments ne sont pas corrects. Pour lui, une surface « plane »

de la Terre sera en fait la surface courbe du globe ; en l'absence de toute force extérieure, un objet mis en mouvement continuerait à se déplacer en cercle autour de la terre, pour toujours. (Frautschi, Olenick, Apostol, & Goodstein, 2010). Cette notion est appelée « inertie circulaire » par les historiens des sciences (Dijksterhuis, 1986)

Les concepts de l'inertie dans les écrits de Galilée seront plus tard affinés et modifiés par Isaac Newton (1643 – 1727 apr. J. -C.) comme la première de ses lois du mouvement (publiées pour la première fois dans l'ouvrage de Newton, « Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica », en 1687) :

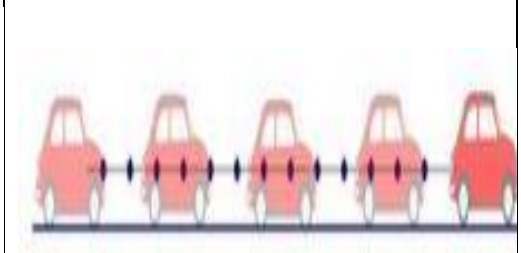
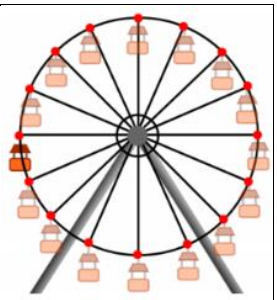
> « Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite, à moins que l'impression des forces ne le contraigne à changer son état » (Barthélémy, 1992)

Néanmoins, malgré la définition si élégante de la notion d'inertie dans ses lois du mouvement, même Newton n'a pas réellement utilisé le terme « l'inertie » pour faire référence à sa première loi. Mais en fin de compte, « l'inertie » dans la physique classique moderne est devenue un nom pour le même phénomène décrit par la première loi du mouvement de Newton, et les deux concepts sont maintenant considérés comme équivalents.

Nom : ……	Prénom : ……	Niveau : Tronc commun technologique

Partie n°1 : Mouvement (3 *points*)

1) Les images suivantes présentent des trajectoires de différents points. Préciser le type de chaque trajectoire en cochant la case appropriée. $(3 \times 0,5\ point)$

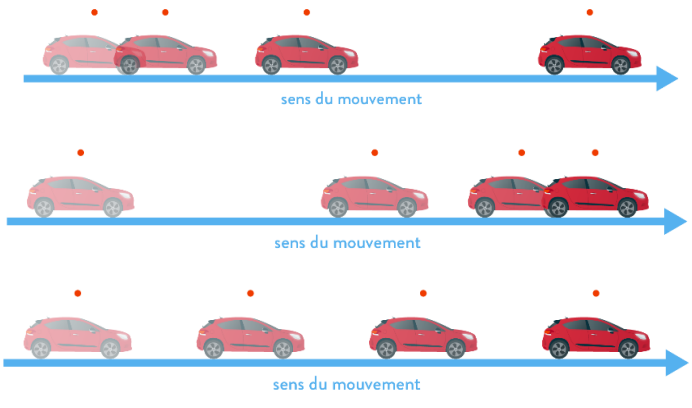
		
☐ Rectiligne ☐ Circulaire ☐ Curviligne ☐ Je ne sais pas	☐ Rectiligne ☐ Circulaire ☐ Curviligne ☐ Je ne sais pas	☐ Rectiligne ☐ Circulaire ☐ Curviligne ☐ Je ne sais pas

2) On réalise 3 chronophotographies du mouvement d'une voiture, l'intervalle du temps qui sépare deux positions successives, dans chaque chronophotographie, est d'une seconde. Relier par une flèche chaque chronophotographie à la nature de mouvement qu'elle représente et à la façon dont la vitesse de la voiture varie. $(3 \times 0,5\ point)$

Le mouvement est accéléré •

Le mouvement est retardé •

Le mouvement est uniforme •



- La vitesse de la voiture diminue
- La vitesse de la voiture reste constante
- La vitesse de la voiture augmente

Partie n°2 : Interactions mécaniques (12 *points*)

3) Répondre par « vrai », « faux » ou « je ne sais pas » en cochant la case appropriée. $(4 \times 1,125\ points)$

a) Action à distance est une action qui ne peut s'exercer sans contact entre l'auteur et le receveur de l'action.

☐ Vrai ☐ Faux ☐ Je ne sais pas

b) Action de contact est une action qui s'exerce sans contact entre l'auteur et le receveur de l'action.

☐ Vrai ☐ Faux ☐ Je ne sais pas

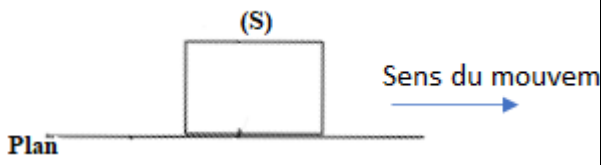
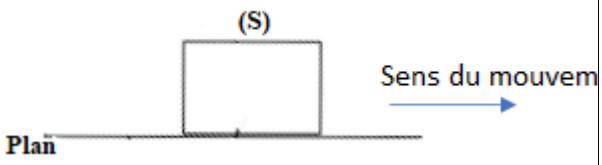
c) Les forces intérieures sont celles qui sont exercées par des objets appartenant au système étudié.

☐ Vrai ☐ Faux ☐ Je ne sais pas

d) Les forces extérieures sont celles qui sont exercées par des objets n'appartenant pas au système étudié.

☐ Vrai ☐ Faux ☐ Je ne sais pas

4) Dans chacun des cas, Représenter, sans souci d'échelle, les forces du poids $\vec{P}$, la réaction $\vec{R}$ du plan et ses composantes $\overrightarrow{R_N}$ et $\vec{f}$, auxquelles le corps (S) est soumis $(2 \times 3,75\ points)$**:**

Contact avec frottement	Contact sans frottement
	

Partie n°3 : Équilibre d'un corps solide $(2\ points)$

5) Répondre par « vrai », « faux » ou « je ne sais pas » en cochant la case appropriée. $(4 \times 0,5\ point)$

Lorsqu'un corps solide soumis à deux forces $\overrightarrow{F_1}$ et $\overrightarrow{F_2}$ est en équilibre, alors :

a) $\overrightarrow{F_1}$ Et $\overrightarrow{F_2}$ ont la même droite d'action, le même sens et la même intensité.

☐ Vrai ☐ Faux ☐ Je ne sais pas

b) $\overrightarrow{F_1}$ Et $\overrightarrow{F_2}$ ont la même droite d'action, des sens opposés et la même intensité.

☐ Vrai ☐ Faux ☐ Je ne sais pas

c) $\overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} = \vec{0}$

☐ Vrai ☐ Faux ☐ Je ne sais pas

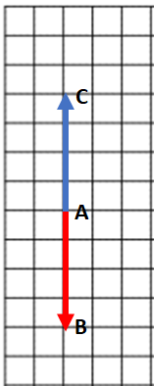
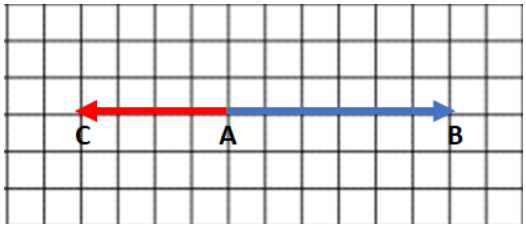
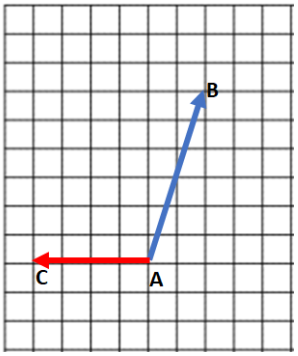
d) $F_1 + F_2 = 0$

☐ Vrai ☐ Faux ☐ Je ne sais pas

Partie n°4 : Somme vectorielle (3 *points*)

6) Dans chacun des cas, construire, en utilisant le quadrillage, le vecteur $\overrightarrow{AD}$ égal à la somme $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{AC}$ (Si la somme vectorielle est nulle $\overrightarrow{AD} = \vec{0}$, cochez la case sous le quadrillage) (3 × 1 *point*)

.

Cas n°1	Cas n°2	Cas n°3
		
☐ $\overrightarrow{AD} = \vec{0}$	☐ $\overrightarrow{AD} = \vec{0}$	☐ $\overrightarrow{AD} = \vec{0}$

Annexe III : Étude expérimentale présentée au groupe témoin

Étude expérimentale : Principe d'inertie

Objectif d'apprentissage :

- Établir le principe d'inertie.

Matériel expérimental :

- Table à coussin d'air et ses accessoires.

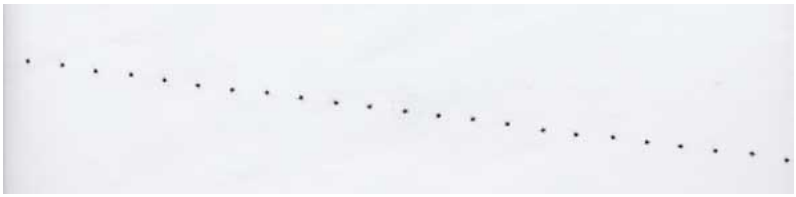
Mode opératoire :

1. Observer le mobile autoporteur au repos.

2. Donner une impulsion au mobile autoporteur afin qu'il effectue un mouvement rectiligne.

Exploitation :

On obtient l'enregistrement figuré dans la figure ci-dessous.



1. Compléter le tableau suivant :

Le mobile autoporteur est au repos			
Forces extérieures appliquées sur le mobile autoporteur	Représentation des forces	Résultante des forces extérieures $\sum \vec{F}_{ext}$	Vecteur vitesse $\vec{V}_G$
		$\sum \vec{F}_{ext} =$	$\vec{V}_G =$
Le mobile autoporteur est en mouvement			
Forces extérieures appliquées sur le mobile autoporteur	Représentation des forces	Résultante des forces extérieures $\sum \vec{F}_{ext}$	Vecteur vitesse $\vec{V}_G$
		$\sum \vec{F}_{ext} =$	$\vec{V}_G =$

Énoncé du principe d'inertie :

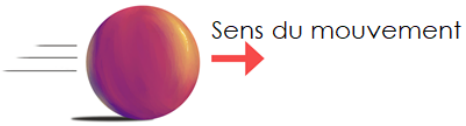
Dans un référentiel ……..., le centre d'inertie G d'un système isolé ou pseudo isolé ($\sum \vec{F}_{ext}$= ……..), est :

- Soit …….. $\vec{V}_G$ =……(il persévère dans son état de …….. s'il était au repos).
- Soit en mouvement ……..…… $\vec{V}_G$ = ……(il persévère dans un mouvement ……..…… s'il était en mouvement).

Annexe IV : La situation-problème présentée au groupe expérimental

Un ballon initialement en mouvement peut-il garder sa vitesse sans avoir besoin de lui appliquer une force ?

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$$

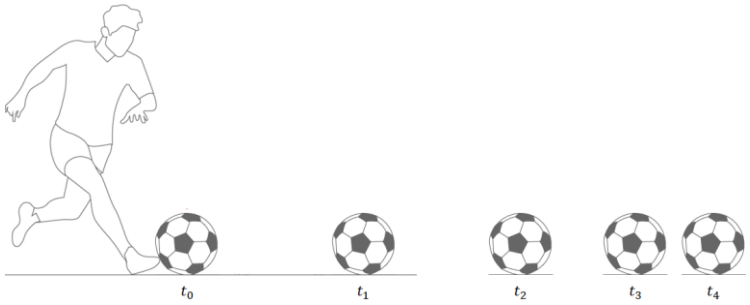


$V = 15\ km/h$

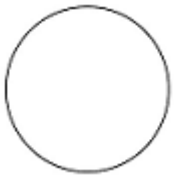
Annexe V : Étude réelle du mouvement du ballon

Étude réelle du mouvement du ballon

Au cours de son mouvement, on a réalisé une chronophotographie pour le ballon (Voir la figure ci-dessous), la durée qui sépare la prise de deux images successives est fixe.



1. Remplir le tableau suivant pour l'instant t_1 :

Forces extérieures appliquées sur le ballon	**Représentation des forces**	**Résultante des forces** $\sum \vec{F}_{ext}$	**Nature du mouvement**
		$\sum \vec{F}_{ext} =$	

Annexe VI : Étude expérimentale présentée au groupe expérimental

Étude expérimentale : Principe d'inertie

Objectif d'apprentissage :

- Établir le principe d'inertie.

Matériel expérimental :

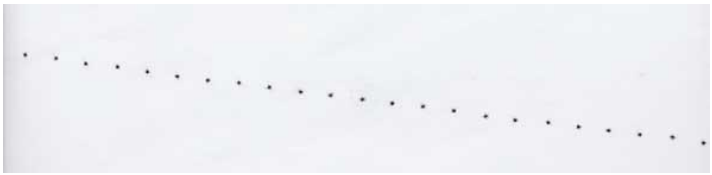
- Table à coussin d'air et ses accessoires.

Mode opératoire :

- Donner une impulsion au mobile autoporteur afin qu'il effectue un mouvement rectiligne.

Exploitation :

On obtient l'enregistrement figuré dans la figure ci-dessous.



1. **Compléter le tableau suivant pour l'instant t_6 :**

Forces extérieures appliquées sur l'autoporteur	Représentation des forces	Résultante des forces extérieures $\sum \vec{F}_{ext}$	Nature du mouvement	Vecteur vitesse $\vec{V}_G$
		$\sum \vec{F}_{ext} =$		$\vec{V}_G =$

2. **Pour que la vitesse diminue, quelle force doit être ajoutée à la somme vectorielle des forces $\sum \vec{F}_{ext}$ exercées sur le ballon ?**

……..……..……..…

3. **En supposant que la table a une surface infinie, le ballon s'arrêtera à un moment donné si la somme vectorielle des forces $\sum \vec{F}_{ext}$ exercées sur le ballon reste nulle ?**

……..……..……..

Énoncé du principe d'inertie :

- Un système ne changera pas de mouvement (**sa trajectoire** ou/et **sa nature**) à moins qu'une force non ……..…… n'agisse sur lui ; c'est-à-dire que c'est un système ……..…… ou ……..……..$\sum \vec{F}_{ext} =$.
  - S'il est au repos, il restera au …..…… $\vec{V} =$.
  - S'il est en mouvement, il restera à la …..……, le …..……et la…..…… $\vec{V} =$.

Post-test - Principe d'inertie

Exercice n°1 (4 *points*)

<u>Consigne n°1 :</u> Préciser dans les cas suivants, si la somme vectorielle des forces agissantes sur *le système* est nulle ou non nulle $(4 \times 0,8\ point)$**:**

a) **Un skieur** qui monte sur une pente inclinée à vitesse constante.

☐ $\sum \vec{F} = \vec{0}$ ☐ $\sum \vec{F} \neq \vec{0}$ ☐ Je ne sais pas

b) ***Une fusée*** lancée verticalement et animé d'un mouvement accéléré.

☐ $\sum \vec{F} = \vec{0}$ ☐ $\sum \vec{F} \neq \vec{0}$ ☐ Je ne sais pas

c) ***Un hélicoptère*** qui s'élève verticalement en ligne droite à vitesse constante.

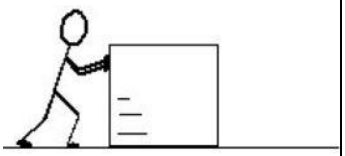
☐ $\sum \vec{F} = \vec{0}$ ☐ $\sum \vec{F} \neq \vec{0}$ ☐ Je ne sais pas

d) ***Une voiture*** qui descend une piste rectiligne et dont la valeur de la vitesse augmente.

☐ $\sum \vec{F} = \vec{0}$ ☐ $\sum \vec{F} \neq \vec{0}$ ☐ Je ne sais pas

<u>Consigne n°2 : Choisir la bonne réponse.</u> $(0,8\ point)$

Un homme pousse une caisse. La résultante des forces qui s'exercent sur la caisse est nulle $\sum \vec{F} = \vec{0}$. Que peut-on dire de la vitesse de la caisse ?



☐ Elle est nulle

☐ Elle augmente

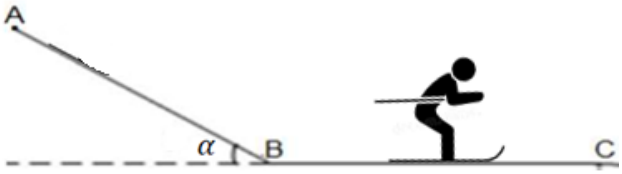
☐ Elle est constante

☐ Elle diminue

☐ Elle soit nulle, soit constante, on ne sait pas

Exercice n° 2 (8 *points*)

- Un skieur se déplace sur une trajectoire ABC (voir la figure ci-dessous).



- La partie $(\boldsymbol{AB})$ est un plan incliné d'angle $\boldsymbol{\alpha}$ sur l'horizontal. Le skieur part du point $\boldsymbol{A}$ à une vitesse $\boldsymbol{v_A = 4\ m.s^{-1}}$ et arrive au point $\boldsymbol{B}$ à une vitesse $\boldsymbol{v_B = 8\ m.s^{-1}}$
- On suppose que **<u>les frottements sont négligeables</u>** sur **<u>la partie horizontale (BC)</u>**

1. La somme vectorielle des forces exercés sur le skieur pendant son déplacement sur **la partie AB** est nulle. **(1,6 points)**

☐ Vrai ☐ Faux ☐ Je ne sais pas

2. Représentez directement sur la figure ci-dessus, les forces qui agissent sur le skieur pendant son déplacement sur **la partie BC.** **(3,2 points)**
3. La nature du mouvement du skieur pendant son déplacement sur **la partie BC** est : **(1,6 points)**

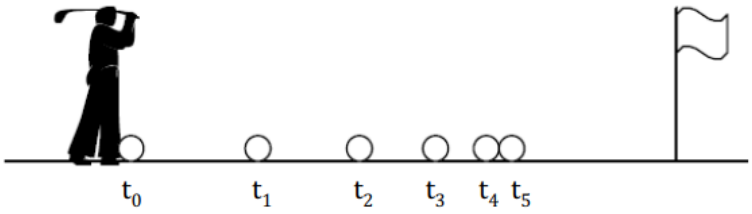
☐ Retardé ☐ Uniforme ☐ Accéléré ☐ Je ne sais pas.

4. En supposant que **la partie BC** a une surface infinie, le skieur s'arrêtera à un moment donné sur cette partie ? **(1,6 points)**

☐ Oui ☐ Non ☐ Je ne sais pas.

Exercice n°3 (8 points)

Voici la copie d'une photographie prise par un journaliste sportif pendant un tournoi de golf :



Le golfeur a manqué son coup. Aide-le à comprendre pourquoi la balle s'est arrêtée juste avant le trou.

1. Examine le schéma et déduis-en la nature du mouvement de la balle de golf. **(0,8 point)**

☐ Retardé ☐ Uniforme ☐ Accéléré ☐ Je ne sais pas.

2. Comment varie la vitesse de la balle ? **(0,8 point)**

☐ Diminue ☐ Reste constante ☐ Augmente ☐ Je ne sais pas

3. La résultante des forces qui s'exercent sur la balle est nulle ($\sum \vec{F} = \vec{0}$) ? Justifier ta réponse. **(1,6 point)**

☐ Oui ☐ Non ☐ Je ne sais pas.

Justification : ……

4. Pour **l'instant t_1**, Quelles sont les forces qui s'appliquent sur la balle de golf ? Représente-les sur le schéma ci-dessus. **(4,8 point)**

……